

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mladen Stipančić

Zagreb, 2013.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Prof. dr.sc. Zoran Kunica, dipl. ing.

Student:

Mladen Stipančić

Zagreb, 2013.

ZADATAK



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo
materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Mladen Stipančić** Mat. br.: 35949374

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Analiza proizvodnog procesa ambalaže praškastog proizvoda**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Analysis of the production process of packaging for powder product**

Opis zadatka:

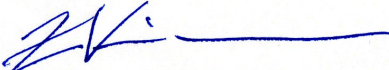
U radu je potrebno:

1. upoznati i opisati proizvodni program i proizvodne procese tvornice,
2. analizirati proizvodni proces ambalaže praškastog proizvoda,
3. navesti mogućnosti unapređenja procesa, posebno sa stajališta automatizacije,
4. predložiti rješenje integracije izradbenog procesa i procesa pakiranja.

Zadatak zadan:

2. svibnja 2013.

Zadatak zadao:


Prof. dr.sc. Zoran Kunica

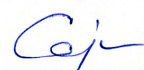
Rok predaje rada:

4. srpnja 2013.

Predviđeni datum obrane:

10., 11. i 12. srpnja 2013.

Predsjednik Povjerenstva:


Prof. dr. sc. Franjo Cajner

IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i uz stručnu pomoć mentora prof. dr.sc. Zorana Kunice.

Zahvaljujem mentoru prof. dr.sc. Zoranu Kunici na savjetima, pomoći i suradnji kako tijekom studija, tako i za vrijeme izrade diplomskoga rada.

Svim profesorima, prijateljima i kolegama koji su mi pomogli tijekom studija.

Mojoj supruzi Ani i sinu Jakovu koji su mi bili velika potpora tijekom studija.

Mojim roditeljima i bratu što su mi pomogli i omogućili školovanje. Hvala im na velikom strpljenju, odricanju i potpori, kako financijskoj tako i moralnoj, koju su mi poklonili tokom školovanja i studiranja.

Mladen Stipančić

SADRŽAJ

ZADATAK.....	I
IZJAVA.....	II
POPIS SLIKA	IV
POPIS TABLICA.....	VI
POPIS OZNAKA I MJERNIH JEDINICA FIZIKALNIH VELIČINA	VII
SAŽETAK.....	VIII
SUMMARY	IX
1. UVOD.....	1
2. PROIZVODNI PROGRAM	2
2.1. Poklopac bočice s otvorom za doziranje.....	2
2.2. Boca strukirana.....	3
2.3. Dozator za oralno doziranje	4
3. PROIZVODNI PROCESI	7
3.1. Ekstruzijsko puhanje	7
3.2. Injekcijsko brizganje	8
3.3. Automatska montaža dozatora za oralno doziranje	9
3.4. Pakiranje.....	10
3.5. Skladištenje	11
4. PROIZVODNI PROCES AMBALAŽE PRAŠKASTOG PROIZVODA	12
4.1. Opis izradbenog procesa bočice.....	12
4.2. Kontrola bočica po izradbi	14
4.3. Povrat otpadnog materijala u izradbeni proces	14
4.4. Pakiranje.....	15
4.5. Analiza primjerenosti slaganja bočica softverom CapePack	17
5. MOGUĆNOSTI UNAPREĐENJA U PROIZVODNOM PROCESU BOČICA	22
6. KONCEPTI UNAPREĐENJA PROIZVODOG PROCESA BOČICA.....	23
6.1. Održavanje orijentacije – konstrukcijske preinake na stroju	23
6.2. Automatska kontrola ispravnosti ambalaže	27
6.3. Uporaba vizijskog senzora kod detektiranja neispravne ambalaže.....	30
6.4. Integracija izradbenog procesa i procesa pakiranja	42
6.4.1. Poluautomatsko pakiranje	42
6.4.2. Automatsko pakiranje	44
7. ZAKLJUČAK.....	46
8. LITERATURA	48
PRILOZI.....	49
PRILOZI – TEHNIČKA DOKUMENTACIJA.....	50

POPIS SLIKA

Slika 2.1. Poklopac bočice sa otvorom za doziranje	2
Slika 2.2. Boca strukirana	3
Slika 2.3. Dozator	4
Slika 2.4. Etiketa na ambalaži proizvoda	6
Slika 2.5. Prikaz crijeva i kalupa	8
Slika 2.6. Dijelovi na stazi	9
Slika 2.7. Stavljanje klipa na trn	9
Slika 2.8. Okretni stol	10
Slika 4.1. Noževi za odsijecanje šeširića	12
Slika 4.2. Stanje neposredno prije potiskivanja	13
Slika 4.3. Spust	13
Slika 4.4. Kontrola kvalitete	14
Slika 4.5. Konvejer	14
Slika 4.6. Pakiranje bočica (desno je vreća s defektnim bočicama)	15
Slika 4.7. Vađenje neispravne bočice	16
Slika 4.8. Postojeće rješenje smještaja bočica na paleti	16
Slika 4.9. Vrijednosti jediničnog tereta	18
Slika 4.10. Ulazni podaci	18
Slika 4.11. Ulazni podaci za proizvod	19
Slika 4.12. Ulazne informacije o odabranoj paleti	19
Slika 4.13. Diskusija rješenja	20
Slika 4.14. Predloženo rješenje	21
Slika 6.1. Idejno rješenje unaprjeđenja procesa	24
Slika 6.2. Prikaz stanja unutar stroja	24
Slika 6.3. Idejno rješenje vertikalnog spusta	25
Slika 6.4. Idejno rješenje vertikalnog spusta	25
Slika 6.5. Jednostruki skretač	26
Slika 6.6. Dvostruki skretač	26
Slika 6.7. Izgled odrezanog viška materijala – šeširić	27
Slika 6.8. Kontrolno mjesto za provjeru ispravnosti	28
Slika 6.9. Prikaz kontrolnog mjesta iz nekoliko pogleda	28
Slika 6.10. Algoritam za upravljanje mjestom za provjeru ispravnosti bočica	29
Slika 6.11. Dimenzije i izgled kamere	31
Slika 6.12. Prikaz hijerarhijske strukture sustava	32
Slika 6.13. <i>Intellect</i> razvojno i radno okruženje	32
Slika 6.14. Grupa vizijskih alata za identifikaciju	34
Slika 6.15. Postavke alata za identifikaciju blobova – općenito	34
Slika 6.16. Postavke alata za identifikaciju blobova - Generation	35
Slika 6.17. Pozitivno identificirano dno bočice	36
Slika 6.18. Prikaz kartice <i>Identification</i>	36
Slika 6.19. Neispravna ambalaža – smještaj srha unutar bočice	37
Slika 6.20. Ispitivanje rada vizijske aplikacije	38
Slika 6.21. Dijaloški okvir za definiranje stringova	39
Slika 6.22. Izgled editora za izradu komunikacijskog stringa	40
Slika 6.23. <i>DataLink</i> string – aktivan ukoliko vizijski alat vrati vrijednost <i>Fail</i>	41
Slika 6.24. Prikaz <i>DataLink</i> Output prozora	41
Slika 6.25. Punjenje vreće bočicama	42

Slika 6.26. Zavarivanje vreće	43
Slika 6.27. Stavljanje vreće na napravu	43
Slika 6.28. Paletizator.....	44
Slika 6.29. Zavarivanje vreće	44
Slika 6.30. Manipulator ostvaruje vakumski prihvrat vreće.....	45
Slika 6.31. Manipulator ispušta vreću na pod	45

POPIS TABLICA

Tablica 1. Karakteristike vizijskog senzora DVT 540.....	30
--	----

POPIS OZNAKA I MJERNIH JEDINICA FIZIKALNIH VELIČINA

Oznaka	Jedinica	Opis
<i>m</i>	<i>kg</i>	<i>masa</i>
<i>L</i>	<i>m</i>	<i>duljina</i>
<i>t</i>	<i>s</i>	<i>vrijeme</i>
<i>-</i>	<i>A</i>	<i>jakost struje</i>

SAŽETAK

U diplomskom radu razmatrana je proizvodnja plastične bočice, opisan je njezin proizvodni proces te ponuđena idejna rješenja postizanja višeg stupnja automatizacije postojećeg proizvodnog sustava. Opisani pogoni te predložena rješenja unaprjeđenja odnose se na dio stvarnog proizvodnog postava tvrtke Tehnopro d.o.o. iz Zagreba. Analizirana je primjerenost primarnog pakiranja softverom CapePack. Idejna rješenja unaprjeđenja uključuju: nadogradnju stroja za proizvodnju bočica uređajem za rukovanje i uvođenjem transportnih traka za transport bočica, uvođenje automatske stanice za kontrolu ispravnosti bočica pomoću vizijskog sustava, integraciju izradbenog procesa i procesa pakiranja.

Ključne riječi: ambalaža, plastična bočica, proizvodni proces, pakiranje, automatizacija, vizijski sustav.

SUMMARY

The diploma thesis considers a production of plastic bottles, depicts their production process and provides conceptual solutions for achievement of a higher level of automation. Described facilities and proposed solutions for improvements refer to the part of the real production setup of the company TEHNOPRO Ltd. in Zagreb. An analysis of the adequacy of the primary packing is performed by the CapePack software package. Conceptual solutions of improvements include: an upgrade of the machine for the production of bottle by handling device and implementation of conveyor for transport of bottles, the introduction of automatic inspection station with vision system for bottles, and integration of manufacturing and packing processes.

Key words: packaging, plastic bottle, production process, packing, automation, vision systems.

1. UVOD

Današnje potrošačko društvo, učestale promjene na tržištu, kraći vijek trajanja proizvoda i globalizacija, postavljaju sve veće zahtjeve prema proizvodnji. To su zahtjevi koji uključuju visoku produktivnost, kvalitetu i fleksibilnost.

Konkurencija svakodnevno ugrožava opstanak poduzeća, pa iz tog razloga potrebno je sniziti cijenu gotovog proizvoda. Značajna stavka kod formiranja cijene gotovog proizvoda je trošak radne snage.

U skladu s gornjim, potrebno je stalno unaprjeđenje proizvodnje, koje podrazumijeva i postizanje viših stupnjeva automatizacije. Pri tome, bilo da se radi o kupovini novoga ili rekonstrukciji već postojećega sustava, riječ je o složenom procesu u kojemu se stalno ispituje kakve se posljedice u budućnosti mogu očekivati kod odabira konkretnoga rješenja. Kvalitetna realizacija cjelovitog automatskog sustava zahtijeva projektni rad unutar kojega se problem isprva raščlanjuje na manje cjeline, koje se tako zasebnim promatranjem mogu kvalitetnije riješiti, te potom integraciju parcijalnih rješenja.

Također, često se dešava da se prilikom rješavanja problema automatizacije pojavljuju oprečni kriteriji. Naprimjer, kupovina novoga stroja s integriranim transportom i paletizacijom gotovih proizvoda, ishodi višom efikasnošću, ali uz istodobno visoke troškove ulaganja i upitnu fleksibilnost.

U diplomskom će se radu razmatrati mogućnosti unaprjeđenja u tvornici Tehnopro d.o.o. iz Zagreba. Tvornica se bavi proizvodnjom plastične ambalaže (bočice za cedevitu, razne plastične posude i boce), vijaka i druge robe, u milijunskim količinama.

Osim proizvodnih prostora u kojima se izrađuje plastična ambalaža, tvornica sadrži i alatnicu (za izradu alata i naprava koji se koriste u sklopu pogona za izradu plastične ambalaže, i za proizvodnju vijaka kao sekundarnog proizvoda)¹.

¹ U alatnici se obavlja izrada, servisiranje, održavanje i nadograđivanje alata za proizvodnju plastike i vijaka. Također, vrši se održavanje reznoga alata. Tu su rezni alati za potrebe strojne obrade koji služe za servis i remont ostalih alata i strojeva u pogonima. Alatnica sadržava i razne sitne, specijalne te mjerne alate potrebne prilikom procesa proizvodnje. Posebno mjesto unutar alatnice zauzima CNC glodalica koja ubrzava procese izrade svih metalnih dijelova.

2. PROIZVODNI PROGRAM

Unutar proizvodnih pogona za izradu plastične ambalaže izrađuju se sljedeći proizvodi:

- poklopac bočice s otvorom za doziranje (poklopac bočice za cedevitu),
- ambalaža za skladištenje praškastog materijala (bočica za cedevitu), i
- dozator za oralno doziranje.

2.1. Poklopac bočice s otvorom za doziranje

Boja: narančasta.

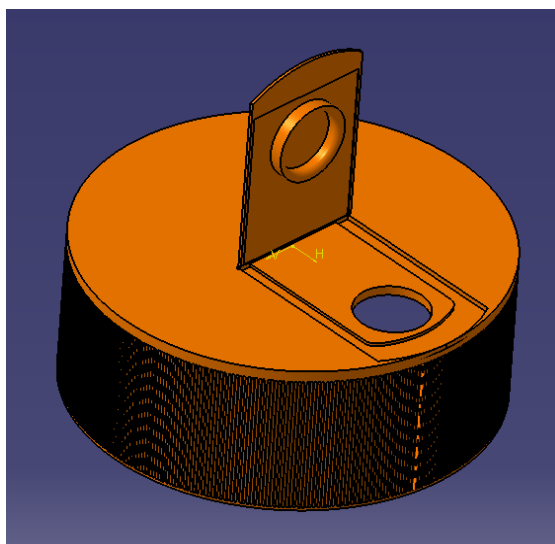
Dimenzije:

- vanjski promjer: Ø61 do Ø62,
- unutarnji promjer: Ø22 do Ø23.

Masa: 7,5 g.

Materijal: PP.

Proizvodna količina: 5 000 000 komada/a.



Slika 2.1. Poklopac bočice sa otvorom za doziranje

Opis:

- na vanjskoj površini kruga nalazi se poklopac dozatora koji dobro zatvara okrugli otvor dozatora,

- na unutrašnjoj površini kruga nalaze se odgovarajuće oznake (za reciklažu, materijal, hranu),
- vanjska površina plašta je renderirana ,
- na unutrašnjoj površini plašta nalazi se navoj uspona 5 mm prema DIN 168 (koji dobro prijanja uz rub boce),
- rubovi su bez srha.

Ambalaža i skladištenje:

- u PE vrećama, na paletama; čuvati na sobnoj temperaturi.

2.2. Boca strukirana

Boja: bijela.

Dimenzije:

- vanjski promjer: Ø66,
- ukupna visina: 129 mm.

Masa: 23 do 24 g.

Materijal: PE – HD.

Proizvodna količina: 5 000 000 komada/a.

Na (slici 2.3.) prikazana je bočica.



Slika 2.1. Boca strukirana

Opis:

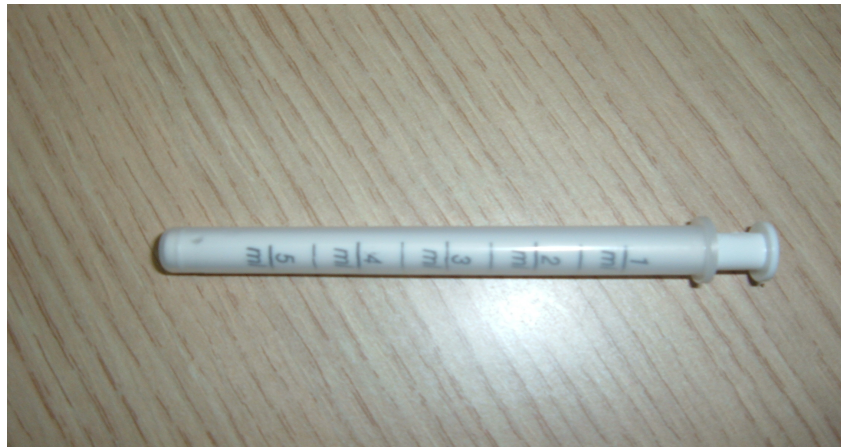
- na donjoj vanjskoj površini kruga nalazi se odgovarajuće oznake (za reciklažu, materijal, hrana),
- vanjska površina plašta je strukirana,
- na grlu boce se nalazi navoj uspona 5 mm prema DIN 168,
- rubovi su bez srha.

Ambalaža i skladištenje:

- u PE vrećama, na paletama; čuvati na sobnoj temperaturi.

2.3. Dozator za oralno doziranje

- Dozator se sastoji od klipa i cilindra (Slika 2.3.).



Slika 2.3. Dozator

Cilindar

Boja: bijela – prozirna.

Dimenzije:

- vanjski promjer: Ø95
- unutarnji promje: Ø15.

Masa: 2,8 g.

Materijal: PE - LD

Proizvodna količina: 5 000 000 komada/a.

Opis:

- na vanjskoj površini kruga nalazi se provrt promjera 3 mm,

- na donjoj površini vanjskoga kruga nalaze se odgovarajuće oznake (za reciklažu, materijal, lijekove),
- vanjska površina plašta valjka treba biti glatka,
- na unutrašnjoj površini plašta valjka nalazi se graničnik koji ograničava hod klipa,
- rubovi su bez srha.

Napomena:

- navlači se na klip.

Pakiranje:

- opisano kod klipa.

Klip

Boja: bijela.

Dimenzije:

- vanjski promjer: Ø 14,4
- ukupna visina: 100 mm.

Masa: 3 g.

Materijal: PS.

Proizvodna količina: 5 000 000 komada/a.

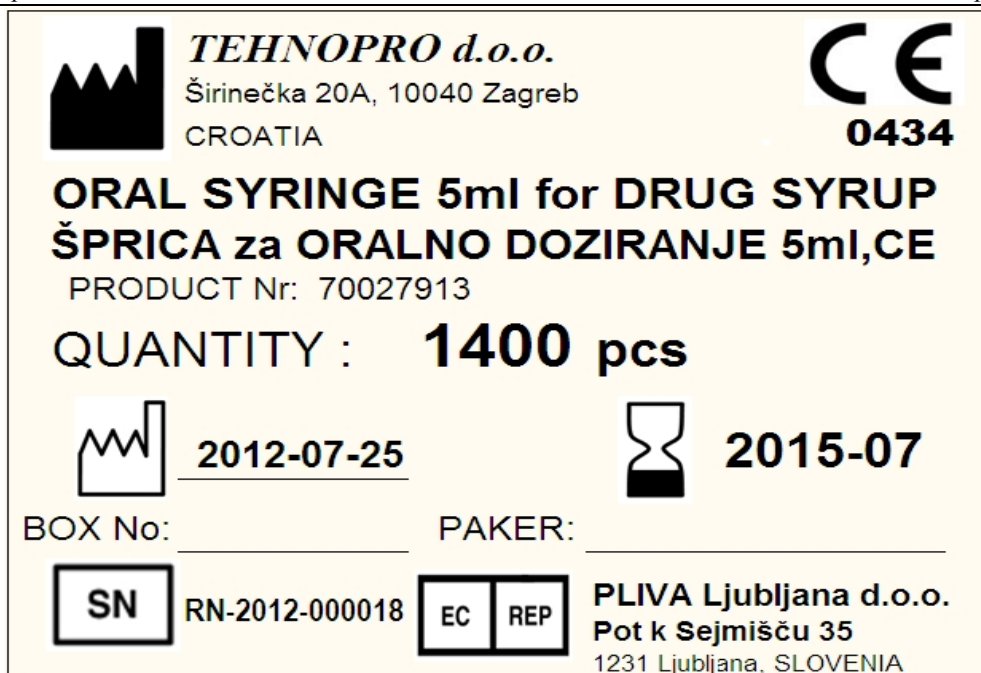
Opis:

Na vanjskoj površini plašta valjka nalaze se:

- odgovarajuće oznake (za reciklažu, materijal, lijekove),
- četiri provrta Ø2,
- crnom bojom štampane oznake za količinu,
- ispupčeni graničnik,
- rubovi su bez srha.

Napomena:

- umeće se u cilindar.



Slika 2.4. Etiketa na ambalaži proizvoda

Pakiranje:

Složeni dozatori stavljaju se u PE vreću. Kada se vreća napuni, ona se zatvara, preokreće i pakira u još jednu PE vreću. Tako pakirani proizvodi pakiraju se u kartonsku kutiju na koju se stavlja etiketa.

Kod svih proizvoda, zdravstvena ispravnost i oznake moraju zadovoljavati odredbe zakona:

- Zakona o predmetima opće uporabe(Narodne novine br. 43/10)
- Pravilnika o zdravstvenoj ispravnosti predmeta koji dolaze u neposredan dodir sa hranom(Narodne novine br. 129/09)
- Regulative (EC) No 1935/2004
- Regulative (EC) 2023/2006 o dobroj proizvođačkoj praksi za materijale i predmete namijenjene neposrednom dodiru sa hranom.

Oznake moraju biti u skladu sa:

- Pravilnikom o ambalaži i ambalažnom otpadu(Narodne novine br. 97/05, 115/05, 81/08, 31/09).

3. PROIZVODNI PROCESI

Postupci upuhivanja i brizganja plastične mase u pripadajuće kalupe su posebno prikladni za izradu šupljih predmeta u velikim količinama. Ti postupci omogućavaju proizvodnju koja je ekonomična, u gotovo beskonačnim količinama bez potrebe za završnom obradom. Na ovaj način se proizvode boce i kanistri koji imaju uska grla (ulazne otvore) te plastične teglice i ostali tipovi spremnika koje karakteriziraju široki ulazni otvori. Osnovni postupak upuhivanja i brizganja uključuje polimer koji je omekšao zagrijavanjem a zatim kao ekstrudirano crijevo ili brizganjem ubacuje u kalupnu šupljinu gdje hlađenjem poprima oblik proizvoda [1].

U okviru proizvodnje tvrtke odvijaju se dva kontinuirana postupka prerade polimera i jedan montažni proces:

- ekstruzijsko puhanje,
- injekcijsko brizganje i
- automatska montaža dozatora.

Uz to, pojavljuju se i procesi kontrole, pakiranja i skladištenja.

U nastavku slijedi opis navedenih postupaka prerade polimera, i montaže. Proizvodni proces ambalaže praškastog proizvoda – bočice, bit će detaljno opisan u narednom poglavlju.

3.1. Ekstruzijsko puhanje

Ekstruzijsko puhanje je ciklički postupak preoblikovanja pretvaranjem priprema u šuplje tijelo [2]. Pritom stlačeni zrak oblikuje unutrašnjost, a kalupna šupljina vanjski oblik proizvoda koji zatim očvršćuje hlađenjem. Puhanje je vrlo važan obradni postupak, namjenjen izradi zatvorenih šupljih tijela ili otvorenih na jednom kraju. Dio ekstrudiranog priprema se okružuje kalupom koji je izrađen od lakog metala radi djelotvornog odvođenja topline (Slika 2.5.).



Slika 2.5. Prikaz crijeva i kalupa

Kalup se zatvara i pri tome i pri tome se jedan kraj priprema, obično donji, njime prignječi i zavari. Na drugom se kraju pripremak odreže i u njega ulazi puhalo. Utiskivanjem puhala oblikuje se grlo budućeg proizvoda. Kroz puhalo se zatim upuhuje zrak koji širi pripremak i potiskuje ga do stijenki kalupa. Hlađenje proizvoda često je dugotrajno. Da bi se ubrzalo može se u kalupu napraviti hlađenje. Ovim postupkom se proizvodi ambalaža za praškasti proizvod- bočica, na stroju MAGIC MG – L1/D. Specifikacije stroja dane su u prilogu.

3.2. Injekcijsko brizganje

Injekcijsko brizganje ciklički je postupak praoblikovanja ubrizgavanjem polimerne tvari potrebne viskoznosti u temperiranu kalupnu šupljinu [2]. Polimerna tvar, PE se miješa u mješalici sa kliznim aditivom. Klizni aditiv olakšava vađenje gotovih proizvoda iz alata. Gotovu smjesu vakum pumpa cijevima prebacuje do lijevka gdje se pohranjuje. Iz lijevka smjesa ide u cilindar za taljenje. Unutar cilindra za taljenje nalazi se pužni vijak koji uvlači, dobavlja, stlačuje, predgrijava, miješa i homogenizira prerađenu smjesu kako bi se dobila taljevina potrebne smične viskoznosti i kvalitete. Zatim se taljevina ubrizgava u kalupnu šupljinu. S ubrizgavanjem taljevine počinje njeno ohlađivanje u kalupu. Kada se otpresak dovoljno ohladio, otvara se kalup odmicanjem pomičnoga od nepomičnog dijela kalupa. U ovoj fazi se potiskuje otpresak iz kalupne šupljine i pada na dno stroja. Odozgora manipulator uzima dijelove uljevnog sustava koje prebacuje na pomičnu traku, a zatim sa pomične trake u plastičnu kutiju. S plastične kutije dijelovi uljevnoga sustava se istresaju u mlin na mljevenje. Ovime je ciklus završen.

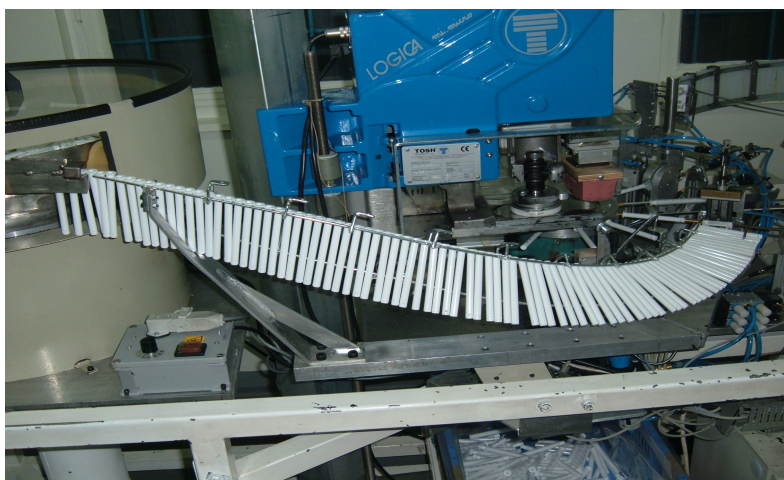
Ovim postupkom se proizvodi poklopac bočice sa otvorom za doziranje, klip i cilindar dozatora za oralno doziranje.

Ako otpresak poklopac bočice za doziranje onda slijedi pakiranje u PE vreće.

Ako je otpresak klip ili cilindar onda slijedi automatska montaža da bi se dobio dozator za oralno doziranje.

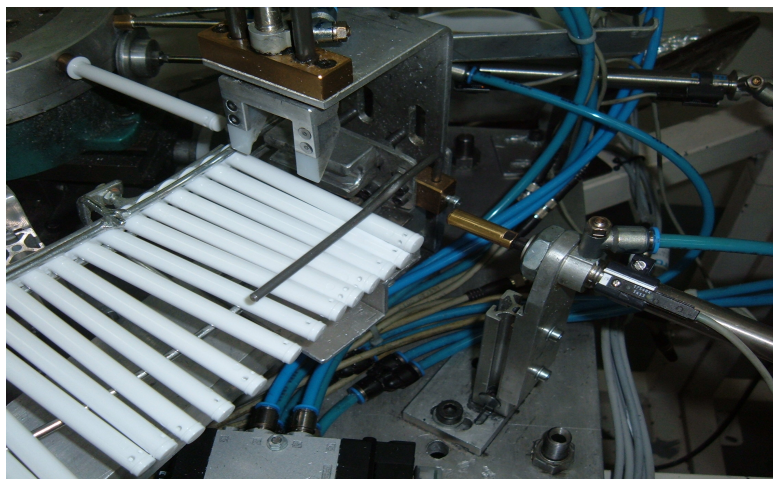
3.3. Automatska montaža dozatora za oralno doziranje

Automatska montaža dozatora započinje zasipavanjem dvaju vibrododavača, jedan se puni cilindrima a drugi klipovima.



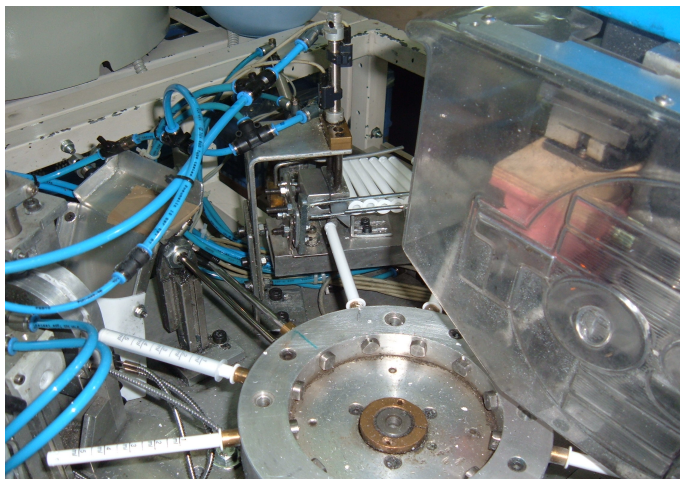
Slika 2.6. Dijelovi na stazi

Vibriranjem vibrododavača dijelovi se iz zdjele po unutrašnjem obodu orijentiraju i pomiću prema vrhu zdjele. Tako se dijelovi orijentiraju u vertikalni položaj. Uslijed trešnje vibrododavača orijentirani djelovi bivaju pomaknuti na stazu (Slika 2.6.).



Slika 2.7. Stavljanje klipa na trn

Staza klipa oblikovana je u obliku prostorne krivulje na način da na dnu staze klip bude u horizontalnom položaju. Tamo ga na trn okretnoga stola potiskuje pneumatski cilindar [Slika 2.7.]. Trn se nalazi na okretnome stolu i u taktu ga okreće, dovodeći ga od uređaja za tisak. Poslije tiska na klip se nasađuje cilindar i zajedno se rotiraju do pozicije gdje ih tlačni cilindar skida sa trna okretnoga stola.



Slika 2.8. Okretni stol

Cilindar je na vrhu staze u vertikalnom položaju i po vodilicama se spušta do vertikalnog spusta. Prije spusta se nalazi pneumatski cilindar koji u taktu propušta u cilindre na način da u spust pušta jedan po jedan cilindar. Na dnu spusta se nalazi pneumatski uređaj koji se u taktu zakreće za devedeset stupnjeva i dovodi cilindat u horinzontalni položaj. Time je cilindar namješten za montažu na klip. Pneumatski cilindar potiskuje cilindar i nasađuje ga na klip. Cilindar i klip čine dozator. Zakretanjem okretnoga stola za jedan korak dozator je doveden u poziciju da ga može zahvatiti naprava i skinuti ga sa trna (Slika 2.8.). Gotovi dozatori padaju na stazu koja ih usmjerava ispod stola u vreću.

3.4. Pakiranje

Proces pakiranja je složeni radni proces koji se sastoji od više jednostavnih radnih operacija. Ovisno o pojavnom obliku robe i odabranoj ambalaži može se značajno razlikovati [3].

Razlikuje se sljedeće razine pakiranja:

1. Primarno
 - izvorno sadrži proizvod

2. Sekundarno

- štiti primarnu ambalažu

3. Tercijalno

- ima manipulativnu ulogu

Identične operacije kod pakiranja su:

- priprema ambalaže za pakiranje,
- odmjeraivanje robe i punjenje ambalaže,
- zatvaranje ambalaže i
- završne radne operacije.

Funkcija pakiranja:

- ZASTITNA : zaštita od fizičkih oštećenja,
- MARKETINŠKA : ambalaža treba privući kupca,
- EKOLOŠKA : korištenjem polimera i kartona koji se mogu reciklirati,
- LOGISTIČKA : olakšano slaganje u sekundarnu ambalažu

Pakiranje je regulirano i zakonima koji se bave zbrinjavanjem otpada:

- Zakon o zaštiti okoliša Narodne novine 82/1994,
- Pravilnik o postupanju s ambalažnim otpadom Narodne novine 53/1996,
- Pravilnik o znaku zaštite okoliša Narodne novine 64/1996.

U Republici Hrvatskoj postoje dvije organizacije koje se bave pakiranjem:

- Tehnički odbor za pakiranje i spremnike za teret pri Državnom zavodu za mjeriteljstvo,
- Institut za ambalažu i pakiranje .

3.5. Skladištenje

Skladištenje je planirana aktivnost kojom se materijal dovodi u stanje mirovanja, a uključuje fizički proces rukovanja i čuvanja materijala te metodologiju za provedbu tih procesa. U industrijskom poduzeću, skladište je uređeno i opremljeno mjesto za privremeno i sigurno odlaganje, čuvanje, pripremu i izdavanje materijala prije, tijekom i poslije njihova trošenja i uporabe u procesu proizvodnje.

4. PROIZVODNI PROCES AMBALAŽE PRAŠKASTOG PROIZVODA

4.1. Opis izradbenog procesa bočice

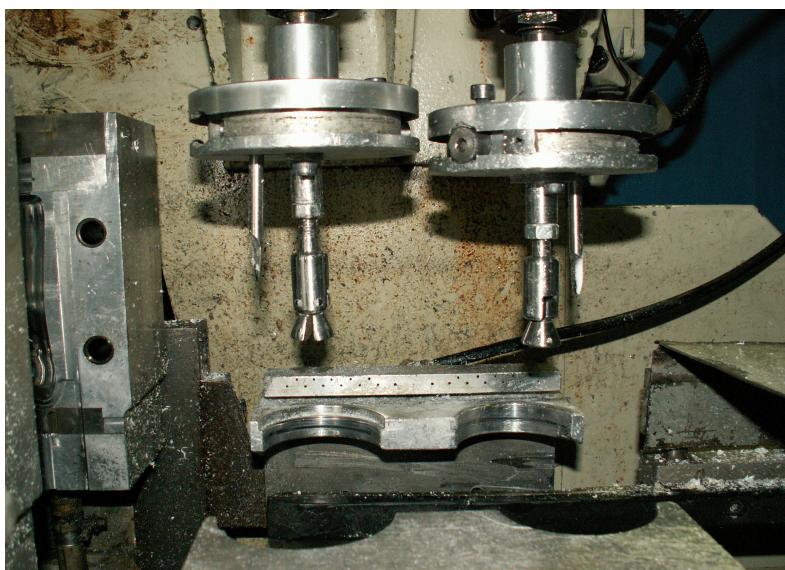
Ambalaža praškastog proizvoda, u daljnjem tekstu bočica, proizvodi se ekstruzijskim puhanjem. Poluproizvod prve faze ekstruzijskog puhanja je pripremak dobiven u obliku gipke plastične cijevi – crijeva. Dio ekstrudiranog pripremkata zatim se okružuje kalupom izrađenim od aluminijske legure u koji su umetnuti segmenti za odrezivanje i puhalo. Kalup se zatvara i pri tome se jedan kraj pripremkata, obično donji prignječi i zavari. Na drugom kraju ulazi puhalo. Kroz puhalo se upuhuje zrak pod tlakom 6 do 8 bara šireći ekstrudirano crijevo do stijenki kalupa. Tako se oblikuje bočica.

Zatim bočicu zahvaća drugi alat koji ima svrhu:

- učvrsti bočicu prilikom uklanjanja viška materijala i
- da potisne gotove bočice na spust, a zatim padaju u plastičnu kutiju.

Potrebno je odrezati višak materijala sa gornje i donje strane bočice.

Vertikalnim spuštanjem noža, a zatim njegovim rotacijskim gibanjem odrezuje se gornji dio tzv. šeširić. Na nožu se nalazi osovinica koja zbog djelovanja centrifugalne sile širi i vadi višak materijala. Dizanjem noža zaustavlja se njegovo rotacijsko gibanje i zbog djelovanja gravitacijske sile višak materijala pada na transportnu stazu (Slika 4.1.).



Slika 4.1. Noževi za odsijecanje šeširića

Donji dio se trga na način da ga s jedne strane udara ploča koja je povezana sa pneumatskim cilindrom. Tlak fluida u pneumatskom cilindru na toj strani je 6 bara.

Protusila se ostvaruje drugom pločom tlaka zraka u njezinom pneumatskom ventilu 1,6 bara. Radom hidrauličkih i pneumatskih ventila regulira se pomoću SIEMENS Simatic S5 kontrolera.

Ploča na strani manjega tlaka zraka se potiskuje i vrši se kidanje materijala. U povratnom hodu ta ploča se vraća nazad. Time je odrezivanje gotovo. Otvara se alat za pridržavanje i gotova bočica nasjeda na tu ploču, gdje će je u povratnom hodu alat potisnuti uz pomoć vodicica i donjeg dijela alata za odrezivanje u spust (Slika 4.2).



Slika 4.2. Stanje neposredno prije potiskivanja

Spust (Slika 4.3.) završava u plastičnoj kutiji gdje se skupljaju gotove bočice u neorijentiranom stanju. Ista situacija se nalazi na desnoj strani stroja.



Slika 4.3. Spust

4.2. Kontrola bočica po izradbi

Radnici uzimaju plastičnu kutiju, odnose je na mjesto gdje se vizualno vrši kontrola kvalitete (Slika 4.4.), i zatim se bočice pakiraju u PE vreću.



Slika 4.4. Kontrola kvalitete

4.3. Povrat otpadnog materijala u izradbeni proces

Odrezani materijala pada na pokretnu traku, a zatim sa pokretne trake na konvejer (Slika 4.5) koji materijal dovodi do mlina za mljevenje.



Slika 4.5. Konvejer

U mlinu se materijal melje na potrebnu veličinu zrna. Kada se postigne potrebna granulacija, materijal se ručno prebacuje do uređaja za miješanje gdje mu se dodaju potrebni

dodaci i novi još nekorišteni materijal. Iz mlina, materijal se cijevima uz pomoć vakuuma prebacuje do dozatora čime je ciklus zatvoren.

4.4. Pakiranje

Iz stroja bočice padaju u plastičnu kutiju, koju zatim radnici odnose na mjesto gdje se vrši pakiranje (Slika 4.6.). Prije nego li ih upakiraju u PE vreću vrši se vizualna kontrola ispravnosti bočica (točka 4.2.). Neispravna boca se odlaže za tu svrhu pripremljenu vreću. Kada se vreća napuni nosi se u mlin na mljevenje i vraća se u proizvodnju.



Slika 4.6. Pakiranje bočica (desno je vreća s defektnim bočicama)

Bočice se u vreću ručno slažu u dva reda, ukupno 350 komada. Kada je vreća puna, odnosi se na uređaj za zavarivanje. U slučaju uočavanja jedne neispravne boce, vreća se otvara nožem i zamjenjuje se neispravna boca ispravnom. Potom se vreća ljepljivom trakom lijepi da bi se zatvorila (Slika 4.7.).

Ako se u zatvorenoj vreći uoči više neispravnih boca, vreća se otvara i sav njezin sadržaj se prazni u plastičnu kutiju (u kojoj i inače završavaju bočice po izradbi).



Slika 4.7. Vađenje neispravne bočice

Puna vreća (ispravnih bočica) zatim se odlaže na paletu u dva vodoravna reda, a u visinu se stavlja pet vreća. Zatim se paleta skupa s vrećama zamata u plastičnu foliju, da bi se potom viličarem prevezla u skladište i odložila u regal.

Kako je prikazano na (Slika 4.8.), primarna ambalaža za pohranu i transport bočica pokriva cijelu površinu korištene palete (euro paleta dimenzija $1200 \times 800 \times 144$ mm, težine 24 kg).



Slika 4.8. Postojeće rješenje smještaja bočica na paleti

4.5. Analiza primjerenosti slaganja bočica softverom CapePack

Prilikom odabira načina na koji će zapakirane bočice popunjavati palete korišten je programski paket CapePack. CapePack je programski paket koji sadržava set programskih rješenja za poslove pakiranja [4].

Programski paket CapePack služi za:

- definiranje izgleda tereta na paleti za određeni proizvod,
- definiranje smještaja paletiziranoga tereta u prijevozno sredstvo,
- određivanje ekonomičnosti tereta,
- optimiziranje dimenzija ambalaže proizvoda u kombinaciji s paletom ili bez nje,
- crtanje komponenti pakiranja te grafikona tereta,
- kreiranje komponenti pakiranja, i
- povezivanje s ostalim korisnicima programskog paketa u svrhu razmjene informacija.

Prilikom početnih podešavanja CapePack softverskog rješenja za optimizaciju procesa pakiranja i odabira ambalaže, kao primarna ambalaža za pohranu praškastog materijala – bočica, zadana je plastična vreća dimenzija 1200×800×300 mm. Na temelju dostupnih informacija (težina bočice i težina vreće) definirane su vrijednosti jediničnog tereta koji je potrebno smjestiti na paletu (bruto i neto vrijednosti) (Slika 4.9.).

The screenshot shows the 'Pallet' software window with the following data entered:

Field	Value
Select Pack Type	octagon.csf
Select Pack Name	Bag
Length	1200.0000
Width	800.0000
Height	300
Gross Weight	18.0000
Nett Weight	16.0000

Additional interface elements include a 3D model of a red bag, buttons for 'Set Dimensions Vertical', 'Input Settings', 'Product Name/Product Code', and 'Save/Calc.'. The status bar at the bottom shows 'Enter Gross Weight', '(mm/kg)', '13:26', 'CAPS', and 'NUM'.

Slika 4.9. Vrijednosti jediničnog tereta

The 'Input Settings' dialog box contains the following configurations:

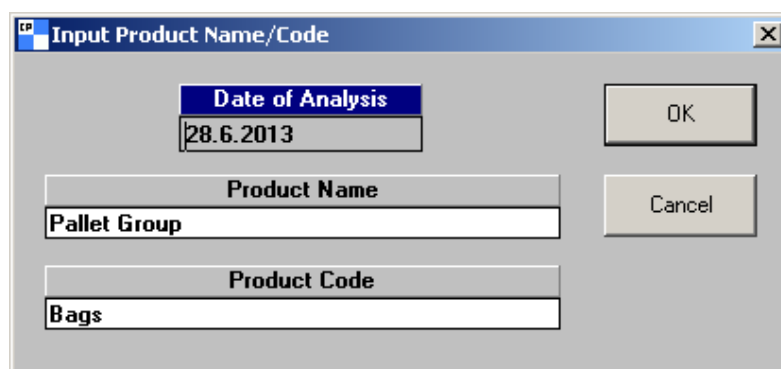
- Input Product Name/Product Code:** (Empty text field)
- Inside/Outside Dimensions:**
 - ☐ Enter ID's
 - ☒ Enter OD's
- Additional Options:**
 - ☐ Show Flap Indicator
 - ☐ Bulge allowed
 - ☒ Alternate Layers
- Cylinders:**
 - ☐ Recessed Objects allowed
 - ☐ Vary Cylinder size
- Show Control Face Direction:** Default (Dropdown menu)
- Number of Pallets:**
 - ☒ 1 x Pallet
 - ☐ 2 x Pallet
 - ☐ 3 x Pallet
- Analysis Type:**
 - ☒ Objects onto Pallet
 - ☐ Objects onto Pallet into Truck
 - ☐ Objects into Truck
 - ☐ Enable Floor loading
- Units of Measure:**
 - ☒ mm/kg
 - ☐ in/lb

Buttons for 'OK' and 'Cancel' are at the bottom.

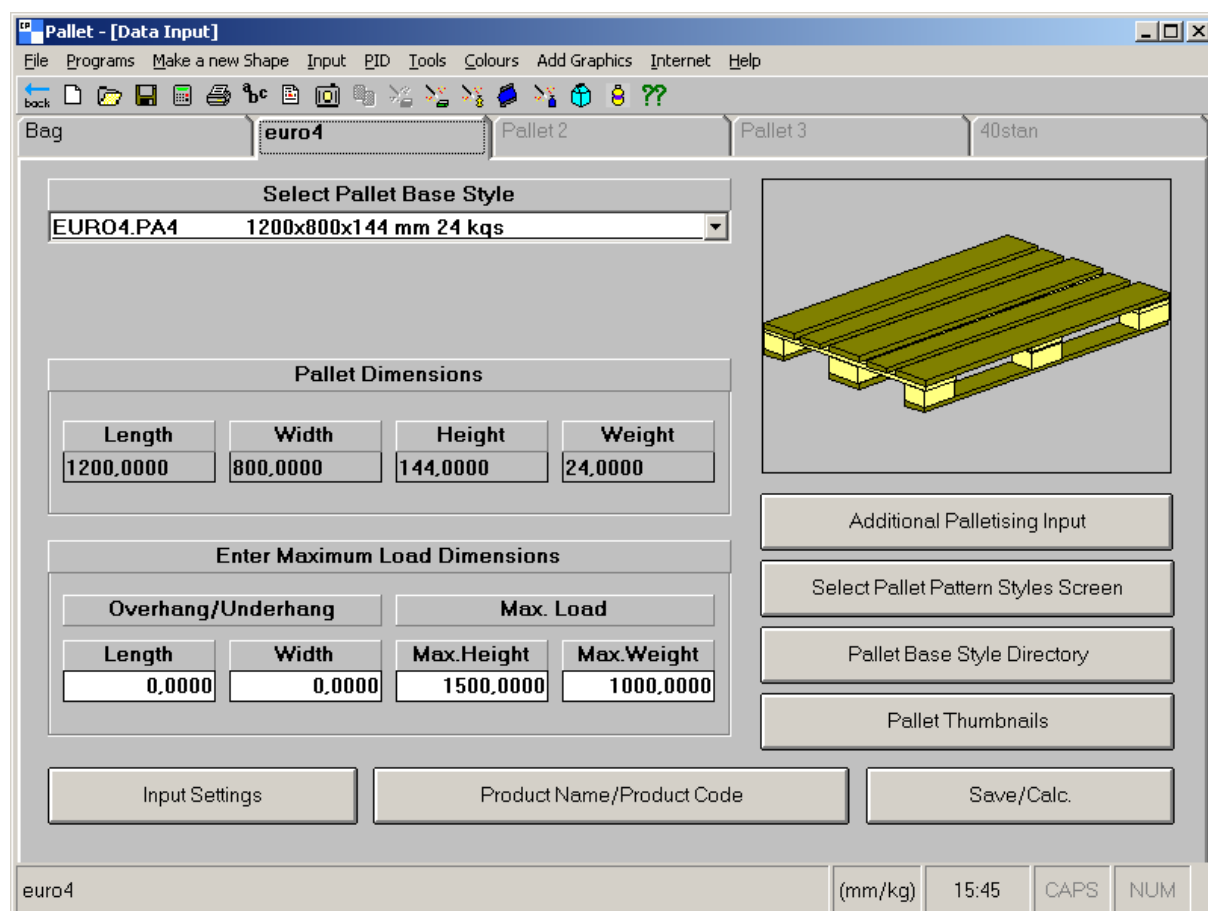
Slika 4.10. Ulazni podaci

Pritiskom na gumbić Input Settings otvara se dijaloški okvir za unos dodatnih podataka kao što su (Slika 4.10., Slika 4.11.):

- naziv ambalaže,
- broj paleta,
- mjerne jedinice,
- vrsta analize itd.



Slika 4.11. Ulazni podaci za proizvod

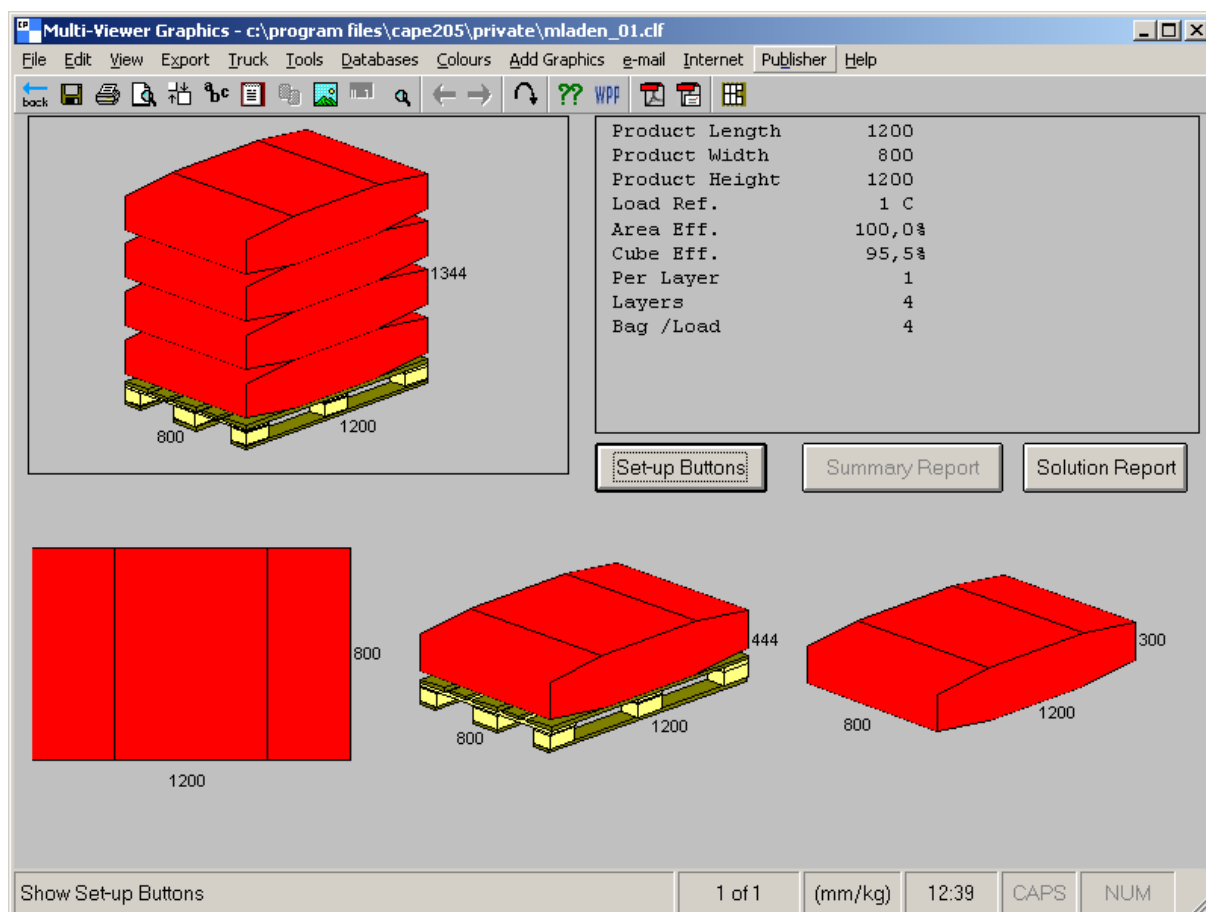


Slika 4.12. Ulazne informacije o odabranoj paleti

Sljedeća kartica koju je potrebno ispuniti odnosi se na odabir palete koja će se koristiti prilikom skladištenja i transporta ambalaže (Slika 4.12.).

Za potrebe ovog rada odabrana je euro paleta 4, dimenzija 1200×800×144 mm, težine 24 kg. Nakon unosa vrijednosti koliko teret smije izlaziti s palete (Overhang/Underhang) i informacija o teretu (*Max. Load – Max. Height* = 1500mm, *Max. Weight* = 1000 kg), pokreće se analiza opisanog slučaja kliknuvši na gumbić *Save/Calc* (Slika 4.12.).

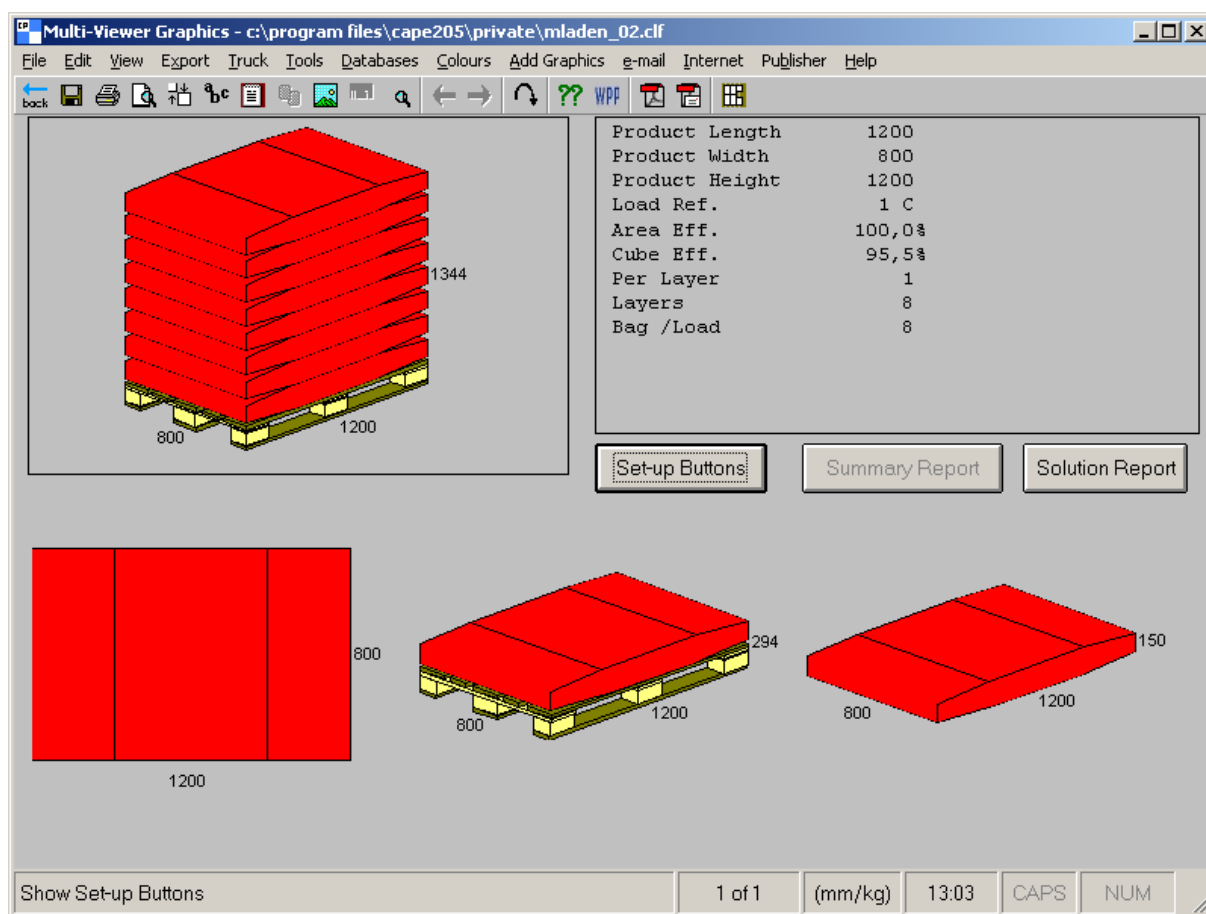
Prema dimenzijama primarne ambalaže softver je izračunao da će na paletu biti postavljeno četiri vreće što će rezultirati visinom tereta od 1344 mm. Površinsko iskorištenje prostora palete je 100 % što je u skladu s očekivanjima budući da su dimenzije vreće iste kao i dimenzije palete na koju se teret smješta. Budući da teret ne popunjava u cjelosti prostor po visini, volumna iskoristivost je 95,5 %. CapePack je ponudio samo jedno rješenje za dane ulazne podatke što proizlazi iz činjenice da je primarna ambalaža istih dimenzija kao i odabrana paleta (Slika 4.13.).



Slika 4.13. Diskusija rješenja

Kako automatizacija sustava za pakiranje pretpostavlja strojno slaganje bočica unutar vreće u jedan red, bilo je potrebno prilagoditi dimenzije postojeće vreće. Kao što je vidljivo sa (slika 4.14.), to ne utječe na površinsku i prostornu iskoristivost smještaja tereta na paletu budući da je ukupna visina tereta ostala nepromijenjena (1344 mm).

Budući da se visina primarne ambalaže smanjila sa 300 mm na 150 mm, razlika između ta dva rješenja leži u tome što se sada na paletu smješta duplo više vreća (novo rješenje podrazumijeva smještaj osam vreća na paletu).



Slika 4.14. Predloženo rješenje

Uvođenjem automatiziranog sustava pakiranja bočice su smještene u orijentiranom stanju (sve su okrenute s otvorom prema gore). Time su stvoreni preduvjeti za uvođenjem efikasnijeg sustava za manipuliranje bočicama kod naručitelja.

5. MOGUĆNOSTI UNAPREĐENJA U PROIZVODNOM PROCESU BOČICA

Na osnovi opisanog proizvodnog procesa bočica, uočavaju se mogućnosti unapređenja, poglavito sa stajališta postizanja višeg stupnja automatizacije.

Jedan od identificiranih problema je i neuskalađenosti radnika prilikom punjenja vreće zbog pada koncentracije budući da ne rade koordinirano. Automatizirani sustav bi rezultirao uvođenjem automatske radne stanice kojom bi se minimirala uska grla proizvodnje te optimirali putevi kretanja materijala, informacija i ljudi.

Također se i kontrola kvalitete koju provode ljudi pokazala se manjkavom budući da su naknadne kontrole ispravnosti proizvoda utvrdile propuste što je izrazito loše u slučaju da se takvi proizvodi isporuče naručitelju. Vjeruje se da bi se uvođenjem kontrolnog mjesta koje koristi vizijski sustav smanjile greške prilikom kontrole proizvoda. Također, s gledišta cijene ljudskog rada, uprava tvrtke želi istražiti postoji li prostor za smanjenje troškova uvođenjem automatiziranog proizvodnog sustava.

Općenito, od uvođenja automatizacije u proizvodnju očekuje se: ekonomičnija proizvodnja na dugi rok, ujednačena – visoka kvaliteta proizvoda, veća ponovljivost – veće proizvodne količine, humanizacija rada i povoljniji položaj na tržištu (odnos prema konkurenciji).

6. KONCEPTI UNAPREĐENJA PROIZVODNOG PROCESA BOČICA

U ovom poglavlju opisane su varijante mogućih rješenja za unapređenje proizvodnog procesa te procesa kontrole kvalitete ambalaže za praškasti proizvod. Kao što je opisano u prethodnom poglavlju, trenutni postav uključuje uporabu ljudske radne snage. Uzevši u obzir nedostatke koji takva proizvodnja generira, ovo poglavlje rada predlaže automatizirani sustav koji potpuno zamjenjuje ljudski rad. Sustav uključuje naprave i pomagala pomoću kojih se vrši orijentiranje, transport i kontrola kvalitete proizvedene ambalaže.

6.1. Održavanje orijentacije – konstrukcijske preinake na stroju

Orijentirano stanje proizvoda je ono u kojem je bočica postavljena u uspravni položaj: dno bočice je okrenuto prema podu, a grlo bočice je okrenuto prema gore. Gotova bočica nalazi se u orijentiranom stanju.

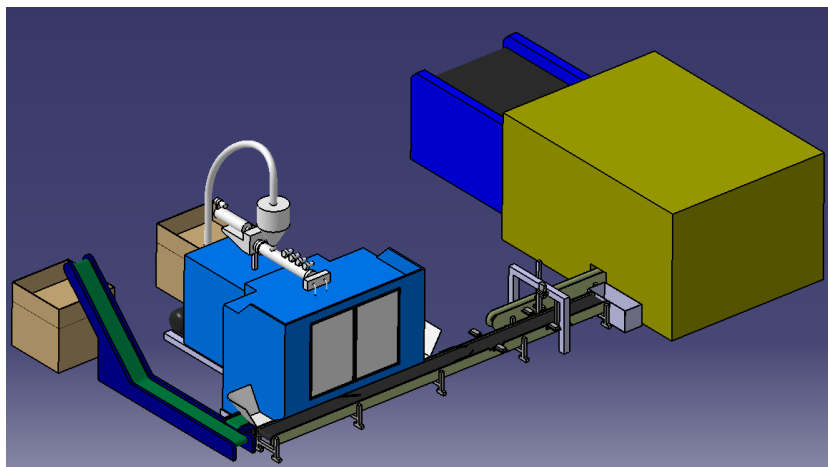
Orijentirano stanje moguće je postići:

- preinakama na stroju, i
- pomoću vibrododavača.

Budući da su dimenzije analizirane ambalaže velikih gabarita podrazumijeva se da bi i vibrododavač bio većih dimenzija (vibrododavači se koriste kod dodavanja manjih izradaka, veličine šake i ne težih od 500 g [5]) što zahtjeva veliku prostor koji trenutno zbog ograničenja u sklopu postojećih proizvodnih pogona nije na raspolaganju [5]. Sljedeći nedostatak je taj da takav vibrododavač generira pojačane vibracije čime bi mogao utjecati na rad ostalih strojeva. CAD prikaz analiziranog proizvodnog sustava napravljen je koristeći softverski paket CATIA V5 R16 [6].

Time je odabrano rješenje koje uključuje konstrukcijske preinake na stroju te uporabu dostavnih traka koje orijentiranu ambalažu prenose od stroja preko mjesta za kontrolu kvalitete uporabom vizijskog sustava pa do sustava za pakiranje (Slika 6.1.).

Orijentacija proizvoda je postignuta pomoću nekoliko preinaka na stroju za izradu ambalaže. Konstrukcijska preinaka na stroju uključuje ugradnju vertikalnog spusta koji osigurava ispravnu orijentaciju bočice prilikom njenog smještaja na transportnu traku. Jedna od uloga vertikalnog spusta je da smanji klinetičku energiju bočice prilikom njezinog spuštanja na transportnu traku.



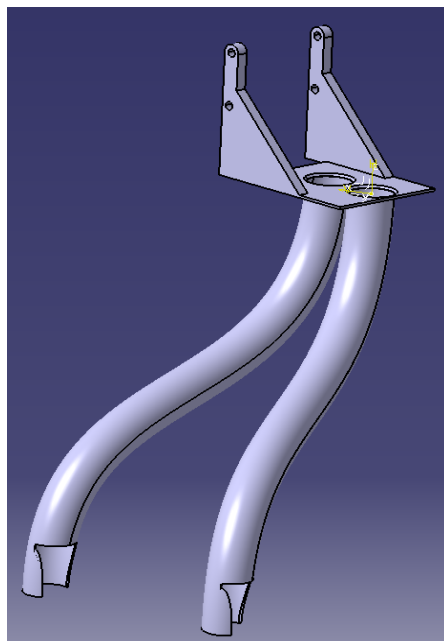
Slika 6.1. Idejno rješenje unaprjeđenja procesa

Sljedeća slika (Slika 6.2.) prikazuje odnos elemenata unutar stroja gdje je potrebno ugraditi vertikalni spust.

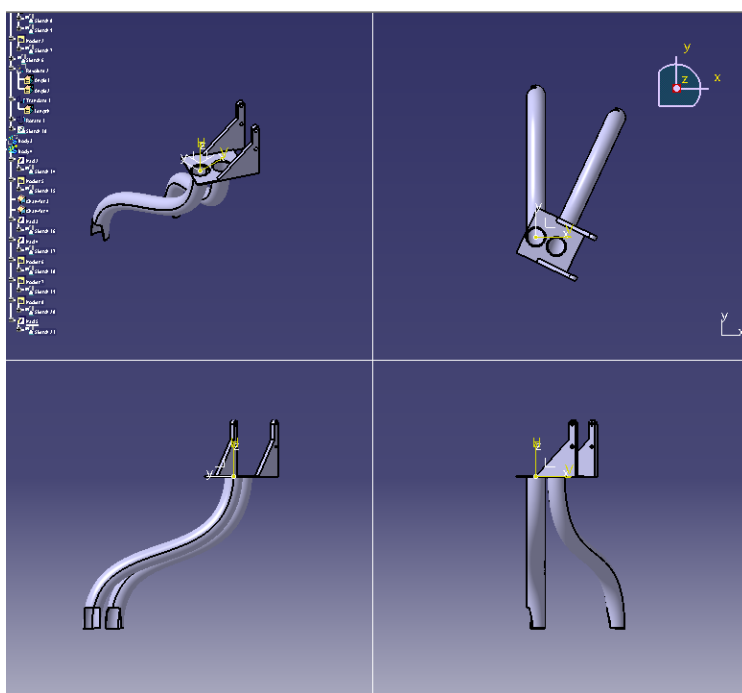


Slika 6.2. Prikaz stanja unutar stroja

Sljedeće dvije slike [Slika 6.3, Slika 6.4] prikazuje idejno rješenje lijevog i desnog vertikalnog spusta.



Slika 6.3. Idejno rješenje vertikalnog spusta

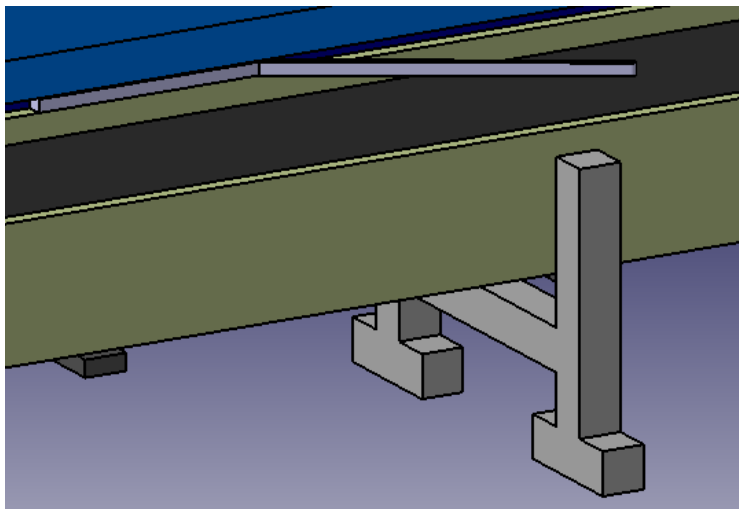


Slika 6.4. Idejno rješenje vertikalnog spusta

Ugradnja vertikalnog spusta mora uključivati sljedeće :

- smještaj vertikalnog spusta na način da mu se vrh nalazi neposredno ispod alata za trganje,

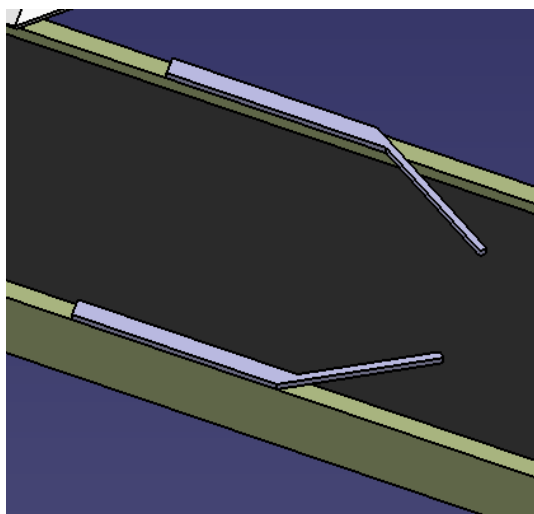
- reprogramiranje postojećeg programa kontrolera SIEMENS Simatic S5 tako da se odgodi vraćanje drugog alata za otkidanje za dvije sekunde.



Slika 6.5. Jednostruki skretač

Kao što je iz ranijeg opisa sustava vidljivo, stroj izbacuje gotove proizvode sa svoje lijeve i desne strane (po dvije bočice). Transportna traka prenosi gotovu i orijentiranu ambalaža s lijeva na desno te je stoga potrebno:

- neposredno nakon lijevoga spusta ugraditi jednostrani skretač bočica čime će biti osigurano da se bočice ne sudaraju prilikom kretanja transportnom trakom [Slika 6.5],
- neposredno nakon desnog spusta bočica potrebno je ugraditi dvostrani skretač bočica čime će biti osiguran transport bočica prema mjestu za kontrolu kvalitete u jednom redu [Slika 6.6].



Slika 6.6. Dvostruki skretač

Napomene :

- prilikom puštanja transportne staze gotovih bočica u rad potrebno je odrediti točna mjesta učvršćenja skretača kao i optimalnu brzinu kretanja transportne staze,
- prilikom montiranja vertikalnog ispusta potrebno je voditi računa da se os bočice poklopi sa osi vertikalnoga spusta.

Nakon što je osiguran transport ambalaže iz stroja, ambalaža se prenosi transportnom trakom do mjesta za provjeru ispravnosti koje uključuje uporabu optičkih senzora te vizijski sustav.

6.2. Automatska kontrola ispravnosti ambalaže

Prilikom izrade ambalaže (kod odvajanja, odnosno odrezivanja bočice) moguća je pojava upadanja odrezanog srha u samu ambalažu. Na sljedećoj slici (Slika 6.7.) prikazan je šeširić koji je kao višak ambalaže odrezan pomoću posebnog noža.

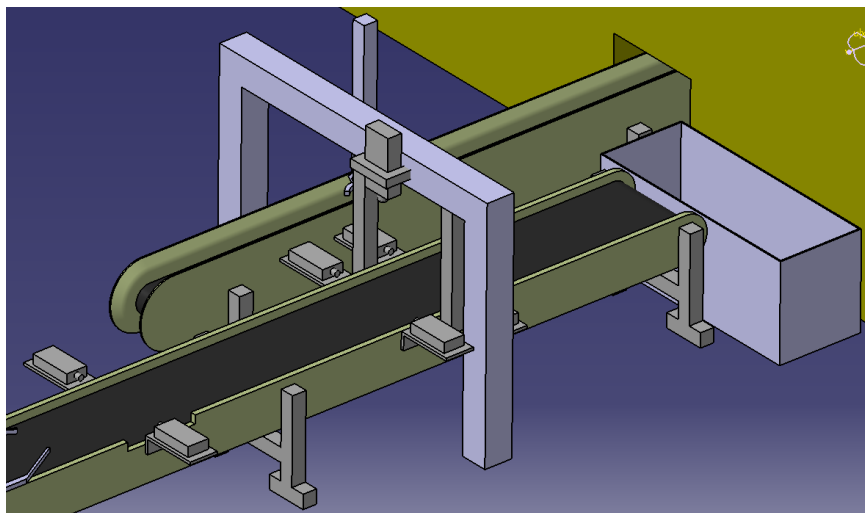


Slika 6.7. Izgled odrezanog viška materijala – šeširić

Ponekad je uslijed udarne sile noža za odrezivanje moguće da taj šeširić upadne u samu ambalažu čime je otežan postupak automatizacije cijelog proizvodnog postava. Trenutno rješenje uključuje uporabu ljudi koji vizualnim pregledom utvrđuju stanje ambalaže. Kao idejno rješenje predloženo je posebno mjesto u sklopu kojeg se provodi:

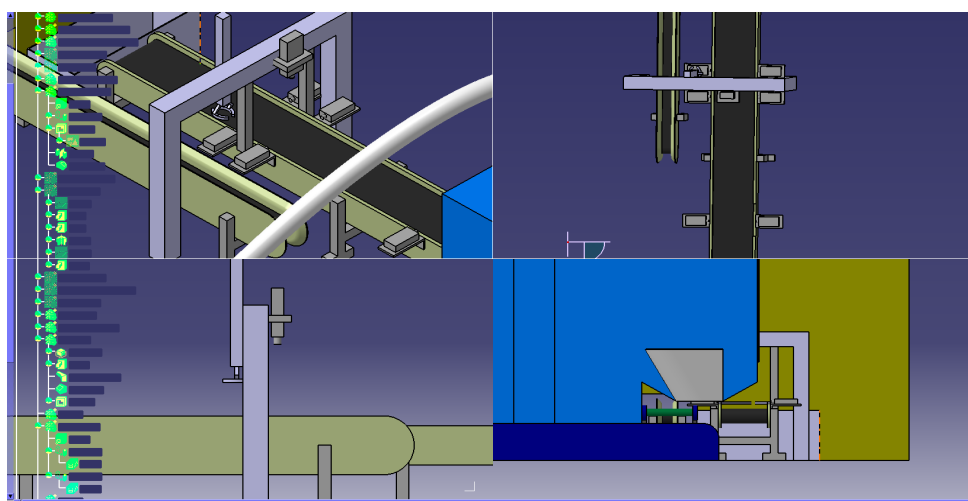
- provjera uporabom vizijskog sustava te
- izuzimanje ispravne ambalaže pomoću dvoosnog manipulatora.

Sljedeća slika (Slika 6.8) prikazuje izgled kontrolnog mjesta zajedno sa svim pripadajućim sastavnicama.



Slika 6.8. Kontrolno mjesto za provjeru ispravnosti

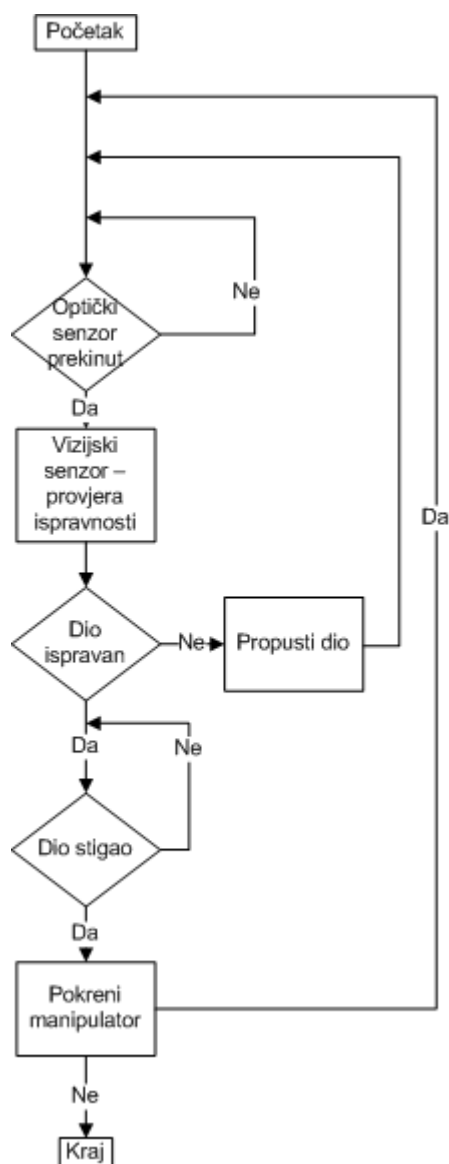
Radno mjesto uključuje optički senzor koji služi za zaustavljanje trake kako bi vizijski senzor izvršio vizijsku inspekciju ispravnosti promatranog dijela. U slučaju da promatrani dio nije ispravan, transportna traka će biti ponovo pokrenuta čime će neispravan dio (ambalaža) biti dostavljen do kutije za smještaj neispravnih dijelova koja se nalazi na kraju transportne linije. U slučaju da je ambalaža ocijenjena kao ispravna, dio će biti propušten do optičke barijere koja će poslati signal dvoosnom manipulatoru da prenese ispravan dio do transportne trake koja prenosi ispravne dijelove do plastične ambalaže (vreće) u koju se proizvedeni dijelovi pohranjuju. Manipulatori spadaju među standardne elemente robotskih sustava unutar automatiziranih proizvodnih pogona [7]. Sljedeća slika (Slika 6.9.) prikazuje izgled kontrolnog mjesta iz nekoliko pogleda.



Slika 6.9. Prikaz kontrolnog mjesta iz nekoliko pogleda

U slučaju da dođe do nagomilavanja ambalaže ispred kontrolnog mjesta uslijed prebrzog rada stroja za izradu ambalaže, odnosno uslijed presporog rada kontrolnog mjesta koje sadržava vizijski sustav i dvoosni manipulator, aktivirat će se poseban optički senzor koji će zaustaviti rad stroja sve dok optički senzor prestane biti aktivan.

(Slika 6.10.) prikazuje jednostavni algoritam koji sadržava ranije opisanu logiku rada mjesta za provjeru ispravnosti ambalaže. Algoritam je implementiran u sklopu kontrolera koji upravlja radom stroja.



Slika 6.10. Algoritam za upravljanje mjestom za provjeru ispravnosti bočica

6.3. Uporaba vizijskog senzora kod detektiranja neispravne ambalaže

Idejno rješenje uključuje provjeru ispravnosti izradaka praškaste ambalaže pomoću vizijskog senzora. Navedeni pristup se pokazao kao efikasno i pouzdano rješenje budući da u kontroliranim uvjetima omogućuje beskontaktnu analizu prizora [8].

Između više rješenja za ovu primijenu je odabran vizijski senzor DVT 540 koji je smješten iznad dostavne trake i koji analizira nalazi li se unutar upravo proizvedene ambalaže za pohranu praškastog materijala šeširić ili neko drugo strano tijelo koje ne bi smjelo biti tu. Ukoliko vizijski senzor ne prepozna od ranije naučeni predmet poslat će signal eksternom uređaju koji će neispravi predmet propustiti do kutije za smještaj neispravnih dijelova koja se nalazi na kraju transportne linije.

Jezgru vizijskog sustava čini industrijska kamera DVT 540. DVT "Smart Image Sensor" kamere sa CCD čipom i ugrađenim mikroprocesorom, dovoljno male da stanu na dlan ruke, sposobne su provesti inspekciju slike do njezine najmanje jedinice - piksela. Uporabom DVT Windows baziranog "Intellect" programskog paketa, vizijski senzori se programiraju kako bismo proizvod koji ispitujemo provjerili po kriterijima prisutnosti, orijentacije, veličine, pozicije i sl. Informacije dobivene ispitivanjem šalju se uređaju poput PLC-a, industrijskog robota, operatorskog panela ili softvera koji vrši slijedeći korak u upravljanju rada stroja ili proizvodne linije.

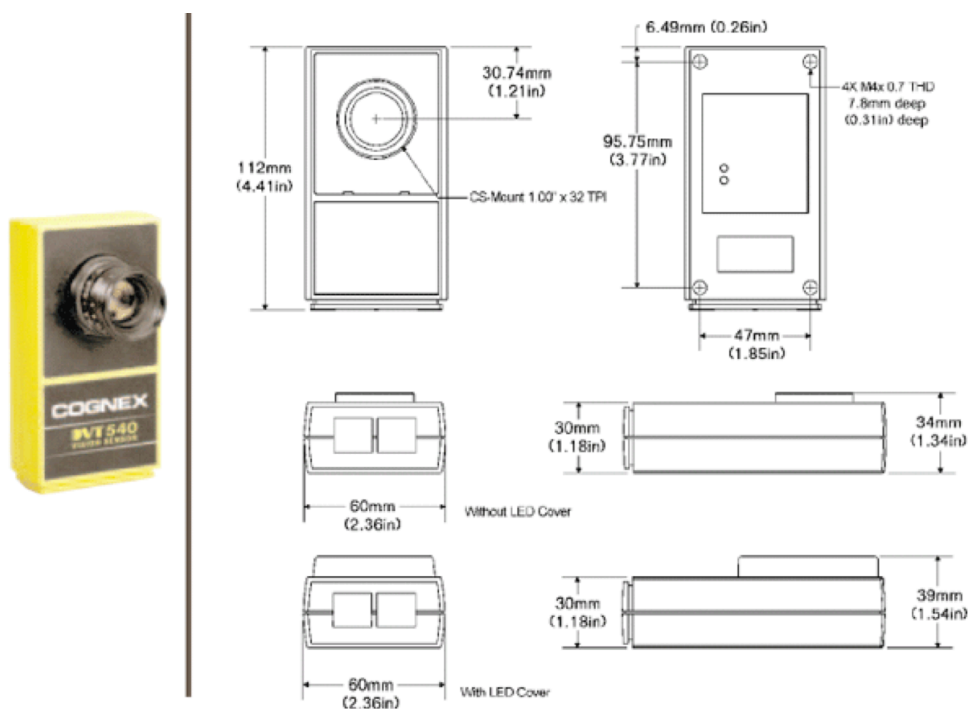
Tablica 1. Karakteristike vizijskog senzora DVT 540

Procesor	Hitachi SH4
Memorija	64 MB RAM/16 MB <i>Flash</i>
Veličina, mm	112×60×34 (leća nije uključena)
Postavljanje	Četiri M4 vijka (rupe su smještene na zadnjem dijelu kamere), 7.9 mm dubine
Težina, g	170 (bez leće ili integriranog svjetla)
Energetski zahtjevi	24 V DC ² , 300 mA (ili minimalno 7,5 W). Dodatnih 5 W je potrebno u slučaju dodatnog osvjetljenja.
Radna temperatura, °C	0 do 45
Senzor za slikanje	4,8 mm×3,6 (1/3 format) CCD ³ , rezolucija 680×480

² DC – oznaka za istosmjernu struju

Maksimalna brzina slikanja	75 fps, podržano je pojedinačno uzimanje okvira (engl. <i>frames</i>)
Elektronsko blendanje	10 μ - 1 sekunde (vrijeme ekspozicije)
Optika	CS ⁴ standardna, C ⁵ sa odgovarajućim nastavkom
Vanjski ulaz	RJ-45 za 10/100 Mbps ethernet, 10 pinski modularni konektor za energiju; digitalni ulaz i izlaz
Digitalni I/O	24 V DC, 8 ulaza i izlaza koje je moguće regulirati, NPN ulazi, PNP izlazi.

DVT "Smart Image Sensor" kamere jednostavne su za uporabu, te dovoljno fleksibilne i za najzahtjevnije aplikacije. Najčešću primjenu nalaze u automobilskoj, biomedicinskoj, prehrambenoj, pakirnoj i farmaceutskoj industriji te na postrojenjima za izradu metalnih i plastičnih dijelova. Karakteristike kamere DVT 540 dane su u (Tablica 1.). Izgled kamere s pripadajućim dimenzijama se nalazi na (Slika 6.11.). Osim prikazanog početnog postava, na kameri je moguće mijenjati objektiv te integrirati dodatno svjetlo.



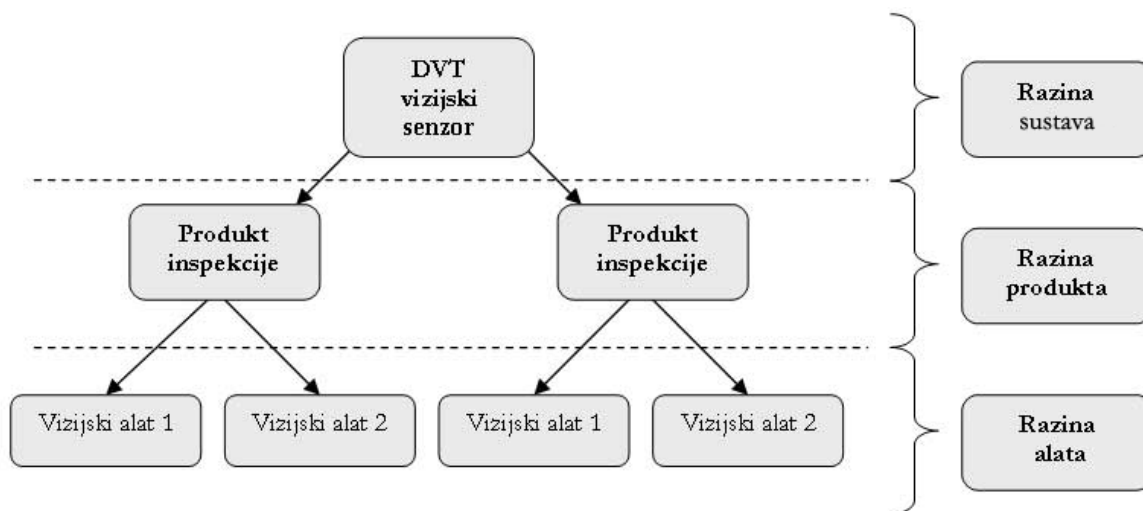
Slika 6.11. Dimenzije i izgled kamere

³ CCD (engl. *Charge-Coupled Device*) – jedan od dva tipa poluvodičkih osjetila. Kod CCD poluvodičkog osjetila naboji koji se stvore na pojedinim foto-diodama se međusobno povezuju tako da se mogu transportirati iz matrice direktno ili pretvoriti u analogni video signal. Postoji još i CMOS poluvodičko osjetilo.

⁴ CS – sistem montiranja objektivna na kameru

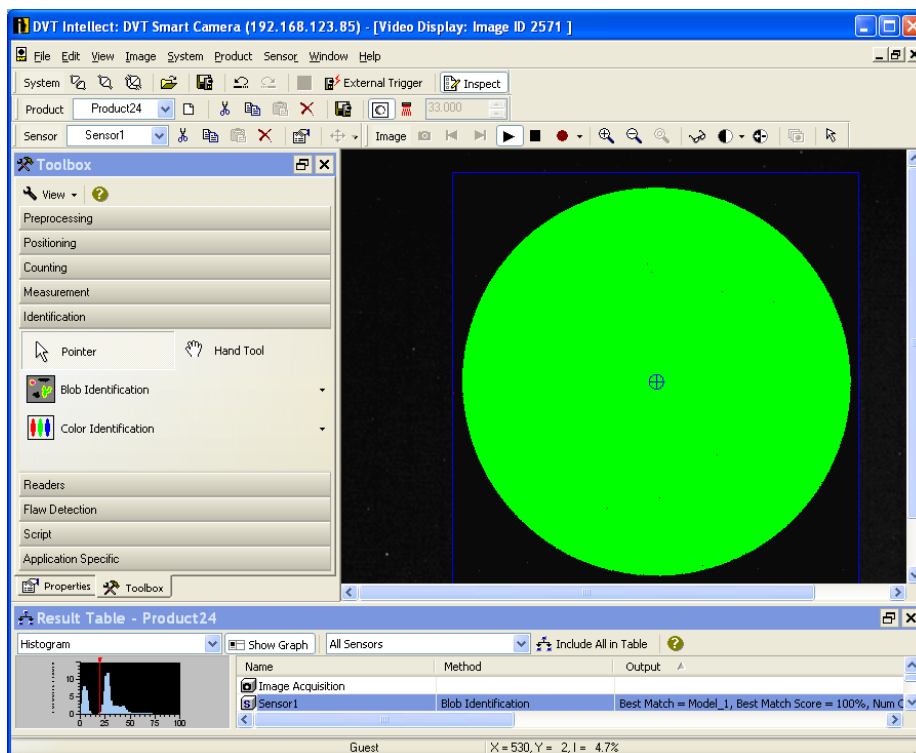
⁵ C – sistem montiranja objektivna na kameru

Intellect, kao programska podrška, ima mogućnost manipuliranja čitavim vizijskim sustavom. Struktura vizijskog sustava je hijerarhijska i podijeljena na razine. (Slika 6.12.) prikazuje hijerarhijsku strukturu sustava bez eksternih uređaja (npr. manipulatora ili pokretne trake) [9].



Slika 6.12. Prikaz hijerarhijske strukture sustava

(Slika 6.13.) prikazuje *Intellect* razvojno i radno okruženje zajedno s inicijalnim postavom alata.



Slika 6.13. *Intellect* razvojno i radno okruženje

Osim programske podrške, struktura vizijskog sustava obuhvaća i informacije koje dolazi s vizijskog senzora. Na najvišoj razini nalaze se parametri sustava. Na toj razini osigurana je komunikacija softvera s kamerom te eksternim uređajima. Koristeći ovu razinu moguće je „okidati“ kameru preko vanjskog signala iz okoline. Upravo na taj način osigurana je pravovremena akvizicija slika na način da sustav šalje signal „okidač“ u onom trenutku kada ambalaža stigne na mjesto na kojem vizijski senzor analizira scenu.

Druga razina je nazvana Razina produkta i preko nje je moguće utjecati na uključivanje i isključivanje integriranog osvjetljenja, otvaranja i zatvaranja otvora blende i sl. To je i logično budući da je ta razina usko povezana sa definiranjem uvjeta na prizoru. To znači se u njoj definiraju svi parametri koji trebaju osigurati što bolje poimanje prizora. Ta je razina značajna i po tome što se u njoj definiraju i načini izmjene informacija sa eksternim uređajima (u njoj se određuju parametri koji se šalju na eksterne uređaje).

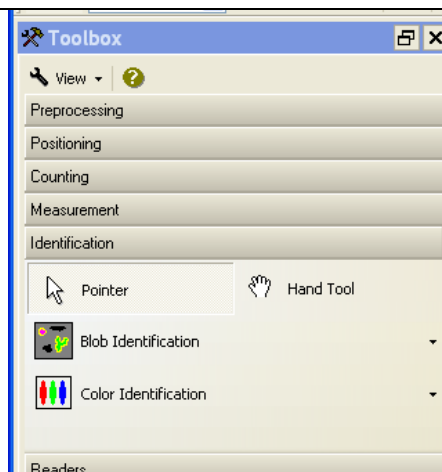
Treća razina je nazvana Razina alata i u sklopu nje se definira vizijska aplikacija koja može uključivati jedan ili više vizijskih alata. Inspekcija prizora daje rezultate na temelju parametara koji su definirani na razini alata.

Rukovanje vizijskim alatima je vrlo jednostavno. Prvi korak u upotrebi pojedinog alata je crtanje određenog oblika na slici. Dostupni oblici ovise o vrsti vizijskog alata koji se koristi i obliku dijela površine ili krivulje na slici koju želimo ispitati. Vizijski alati se dijele na dvije glavne kategorije: linijske i površinske vizijske alate.

Linijske vizijske alate najčešće koristimo prilikom detektiranja rubova. Površinski vizijski alati analiziraju piksele smještene u po nečemu specifične površine na slici. Te površine se definiraju prilikom crtanja oblika.

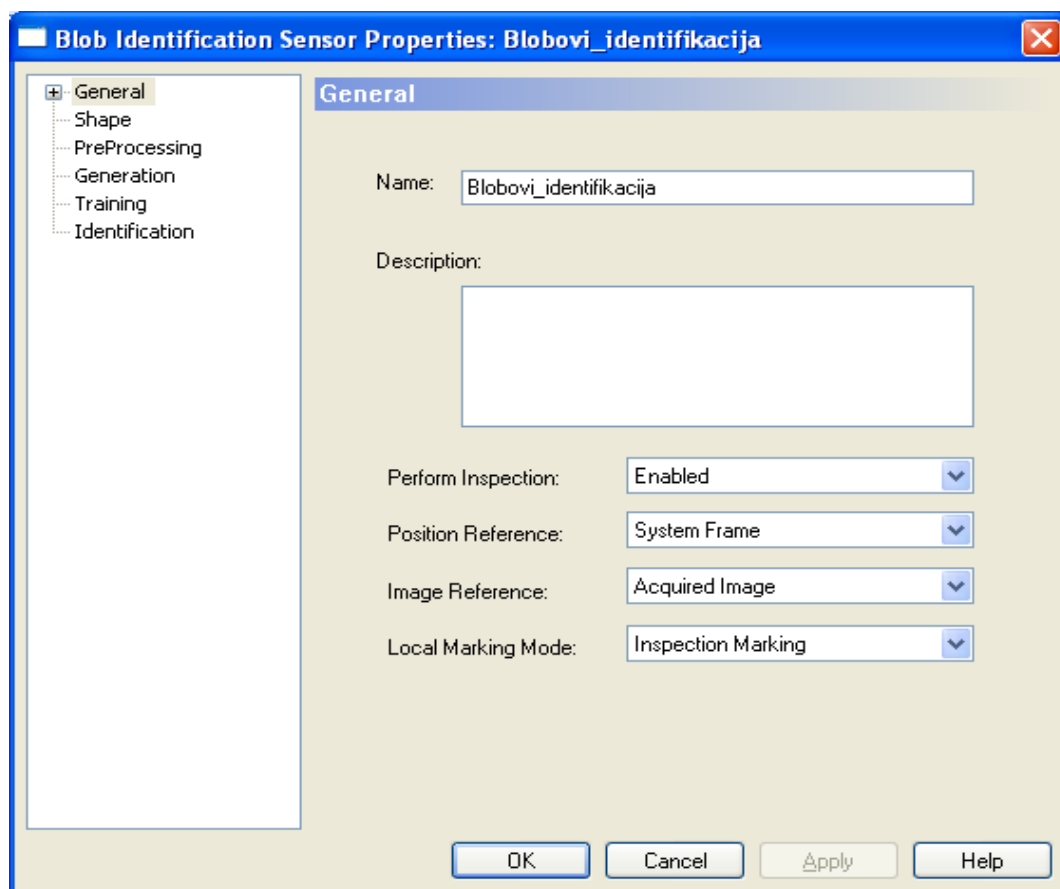
Pojedinu kategoriju vizijskih alata treba koristiti za specifičnu namjenu. To zahtijeva korisnikovo poznavanje karakteristika pojedine kategorije alata. Važna razlika između ove dvije kategorije alata je vrijeme procesiranja. Dok površinske vizijske alate koristimo kada imamo potrebu za temeljitom i pouzdanom analizom slike prizora, linijske vizijske alate koristimo prilikom analize prizora inspekcija brža budući da oni zahtijevaju manje vrijeme analize.

Kako bi se osiguralo pravovremena i pouzdana kontrola ambalaže za smještaj praškastog materijala korišten je alat Identifikacija blobova (engl. *Blob Identification*) koji pripada grupi alata za identifikaciju (grupa površinskih vizijskih alata) (Slika 6.14.).



Slika 6.14. Grupa vizijskih alata za identifikaciju

Blobovi predstavljaju površine piksela koji imaju isti ili dovoljno sličan intenzitet. Koristeći blobove, alat je naučen da prepoznaje kružna površina svijetle boje, odnosno dno bočice ambalaže za smještaj praškastog materijala (kamera promatra prizor odozgo prema dolje). Analizirana kružna površina (dno bočice) mora imati dovoljno sličan intenzitet piksela.

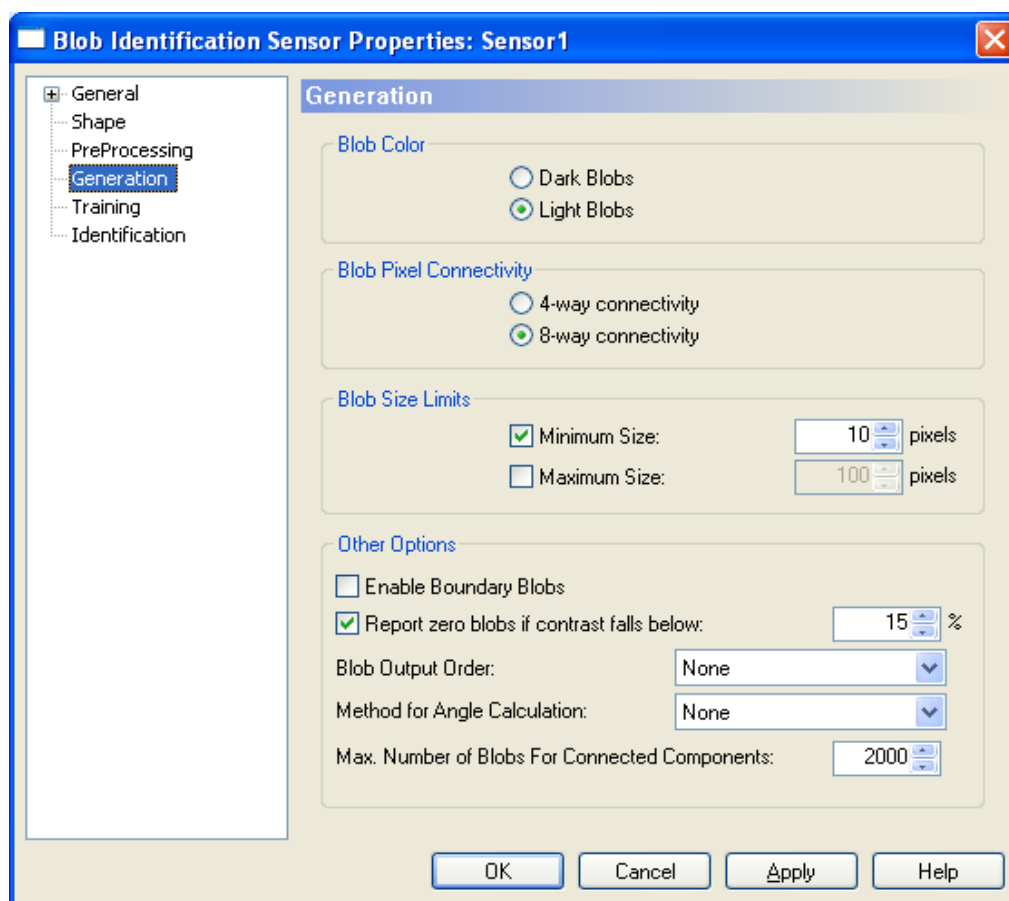


Slika 6.15. Postavke alata za identifikaciju blobova – općenito

Vizijski alat je podešen na način da će dno bočice biti prepoznato u slučaju da je podudaranje onoga što je snimila kamera i onoga što je vizijski senzor ranije naučio naučio jednako ili iznad 90 %. U slučaju da je postotak podudaranja manji, vizijski sustav će poslati signal eksternom manipulatoru da analiziranu posudu izuzme s trake.

Nakon što se odabere alata za identifikaciju blobova te označi područje interesa, softver će prikazati dijaloški okvir u kojem se definiraju postavke alata (Slika 6.15.).

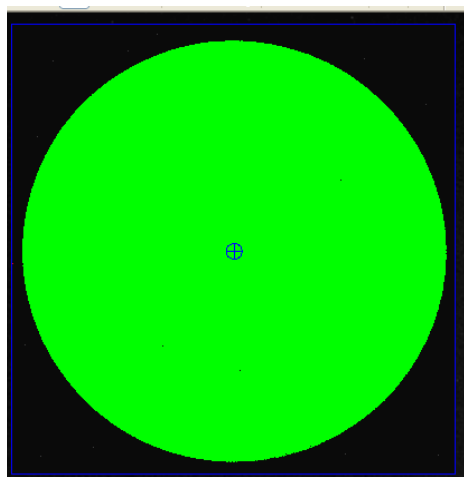
Na kartici alata Generation (Slika 6.16.) unose se postavke koje trebaju osiguravati zadovoljavajuće odzive alata (analiza nalazi li se na dnu ambalaže strani objekt ili ne). U skladu s svojstvima promatranog objekta odabrano je da alat pronalazi svijetle blobove (engl. *Light Blobs*).



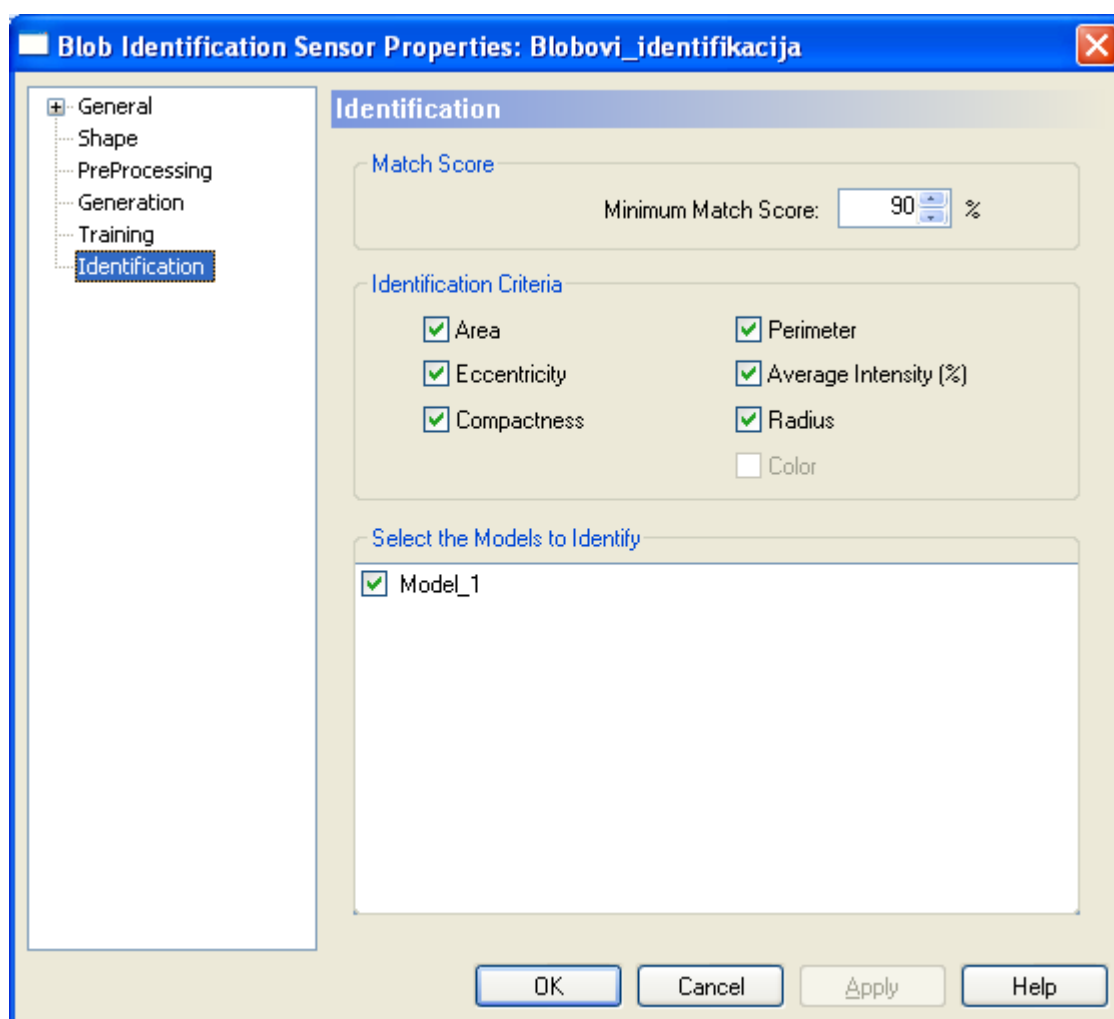
Slika 6.16. Postavke alata za identifikaciju blobova - Generation

Sljedeća kartica se koristi prilikom učenja vizijskog alata osnovnom obliku kojeg alat u budućnosti mora prepoznati. Kao što je moguće vidjeti (Slika 6.17.) dno ambalaže je kružnog oblika i zelene boje. Zelena boja označava pozitivno identificirani blob svijetlog intenziteta

(dno bočice). Ukoliko ambalaže sadrži strani predmet unutar naučene površine alat neće moći identificirati kružni blob.



Slika 6.17. Pozitivno identificirano dno bočice



Slika 6.18. Prikaz kartice *Identification*

Posljednja kratica Identifikacija (engl. *Identification*) sadržava dodatne kriterije koje analizirana površina mora zadovoljavati da bi bila prepoznata (Slika 6.18.).

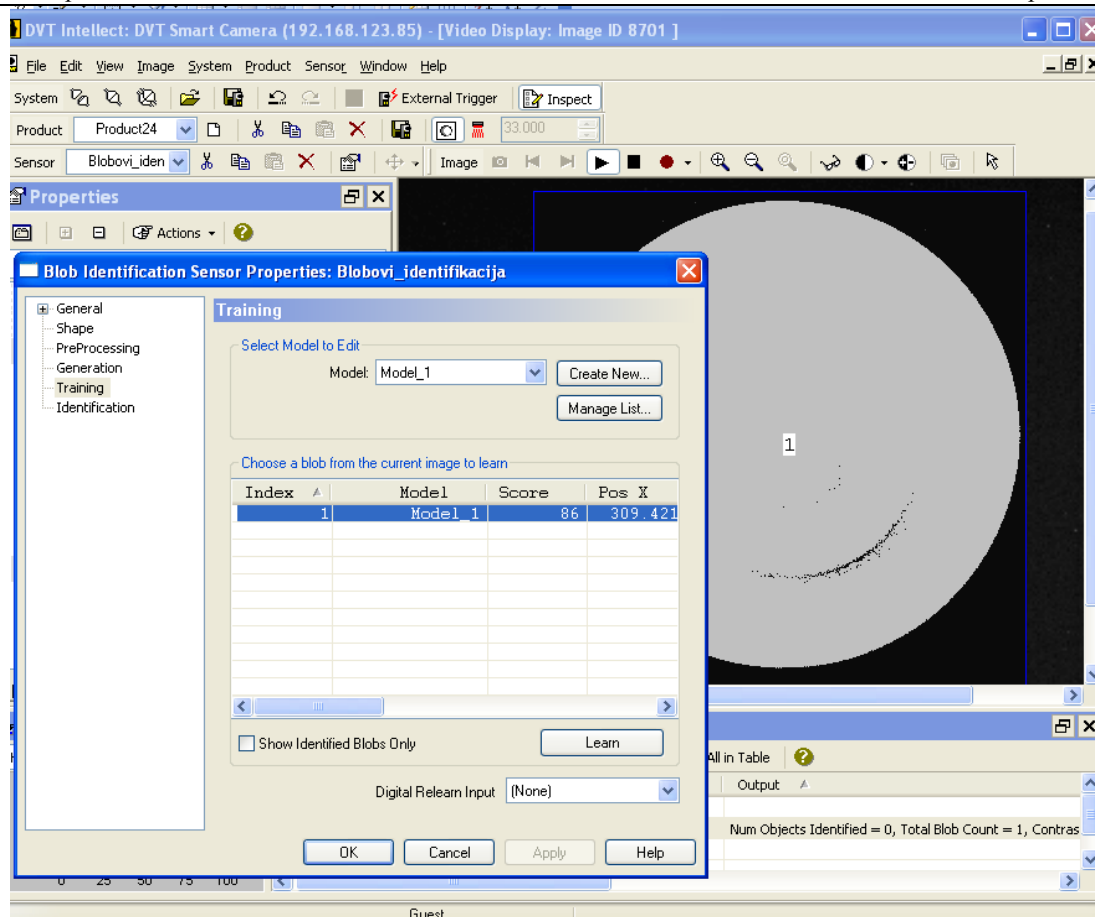
Ukoliko kriteriji (engl. *Identification Criteria*) nisu označeni alat će svoje odluke temeljiti samo na kriteriju istog ili sličnog broja piksela što nije dovoljno za pouzdan rad sustava. Na istoj kartici je potrebno definirati ranije navedeni postotak za prepoznavanje (engl. *Match Score*). Kao što je moguće vidjeti, vrijednost postotka je podešena na 90 %.

Testiranje rada vizijske aplikacije je izvršeno tako što je analizirana bočica koja sadržava strani predmet, tj. plastični srh koji je nastao prilikom rada stroja za proizvodnju bočica (Slika 6.19.).



Slika 6.19. Neispravna ambalaža – smještaj srha unutar bočice

Nakon što bočica stigne dostavnom trakom na mjesto na kojem se vrši analiza ispravnosti bočice, vizijski senzor će uzeti i analizirati sliku. Sljedeća slika (Slika 6.20.) prikazuje stanje vizijskog alata koji je analizirao bočicu u kojoj se nalazi strano tijelo (srh).



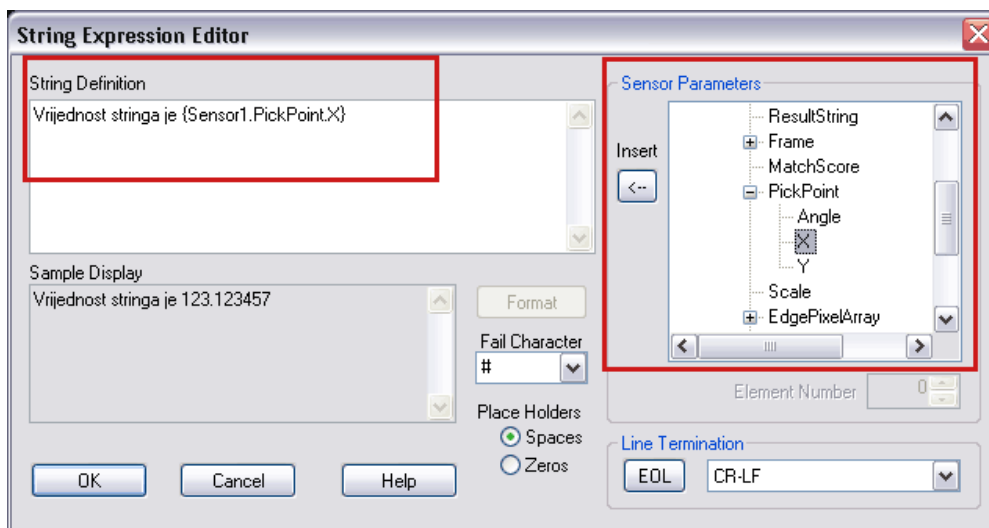
Slika 6.20. Ispitivanje rada vizijske aplikacije

Kao što je moguće vidjeti, siva boja bloba sugerira da alat nije prepoznao ranije naučeni blob budući da je vrijednost podudaranja manja od 90 % (trenutna vrijednost je 86 % je vidljiva na kartici alata).

Nakon što je kreiran vizijski alata, bilo je potrebno riješiti komunikaciju s eksternim kontrolerom koji po potrebi izuzima bočicu iz sustava. To je riješeno uporabom, tzv. DataLink komunikacije. Manipulator preko ethernet mreže stalno prima nove informacije. DataLink je alat ugrađen u Intellect softver i koristi se prilikom slanja informacija izvan vizijskog sustava. Također, moguće ga je koristiti prilikom primanja zahtjeva od drugih uređaja. Ovaj alat se može podesiti za svaki produkt u ovisnosti o korištenom vizijskom alatu. DataLink sadržava ASCII stringove koji su kreirani na temelju informacija od vizijskog senzora. Kao predefinirana vrijednost, DataLink stringovi se šalju preko mreže nakon svake inspekcije. Naravno, korisnik sustava može definirati skup pravila prema kojima će se te informacije slati. Pravila se definiraju pomoću logičkih operatora (AND, OR) na temelju rezultata vizijskih alata te njihove povezanosti s korisničkim izlazom. Na primjer, ako se s jednim od vizijskih alata za pozicioniranje provodi inspekcija, te alat u prizoru ne pronade

nikakav objekt, može se podesiti slanje stringa iz sustava na eksterni uređaj. U slučaju da alat pronade objekt, DataLink se može namjestiti da pošalje neki parametar dobiven s nekog drugog vizijskog alata.

Jednom kada se postavbe uvjeti (alati su podešeni i uključeni), potrebno je odlučiti što poslati na eksterni uređaj. U Intellectu se to svodi na jednostavan proces odabira traženog ili traženih parametara s liste. Na slici 6.21. nalazi se dijaloški okvir za definiranje *stringova*.

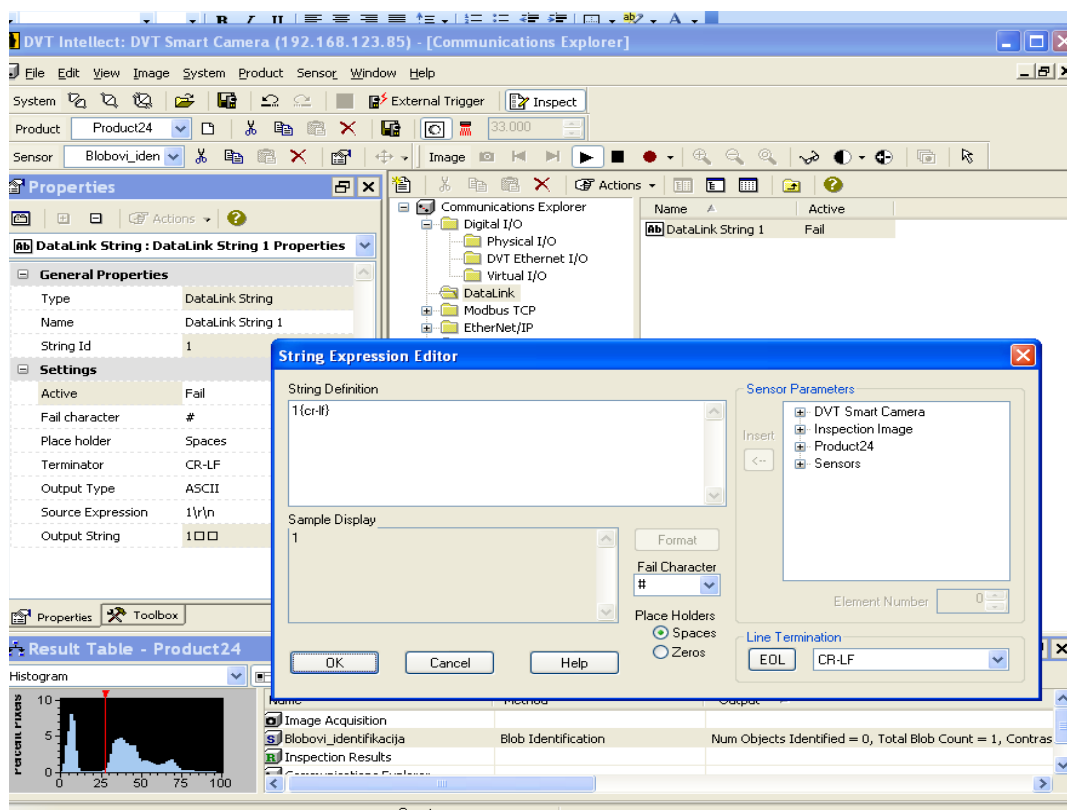


Slika 6.21. Dijaloški okvir za definiranje stringova

Postupak definiranja stringa se svodi na sljedeće. Najprije se iz dijela dijaloškog okvira na kojem su smješteni parametri senzora (engl. *Sensor Parameters*) odabere parametar koji želimo prenijeti, tako što se na njega dva puta klikne s pokazivačem miša (ili odabere Insert gumbić). Navedeni parametar se pojavi u *String Definition* dijelu dijaloškog okvira. Pod *String Definition* se nalaze stringovi koji se šalju van iz sustava. Na ovom mjestu je moguće oblikovati stringove da budu prilagođeni za lakšu interpretaciju za eksterni uređaj ili operatera – čovjeka.

Pod *Line Termination* definiramo naredbu za kraj retka, tj. za prelazak u novi red (*EOL* – engl. *End of Line*). Vrijednost Fail Character označava string koji će biti poslan iz sustava ako vizijski alat ne očita traženi parametar (definirani string). U ovisnosti o izlazu iz vizijskog alata (vizijski alati šalju informacije koje se potom prenose preko podatkovne veze), kreirana poruka (stringovi) će biti poslana van. U nekim slučajevima, može se podesiti podatkovna veza da se u slučaju neotkrivanja neke značajke van iz sustava šalje tzv. *Fail Character*. Pojava *Fail Character*a može biti znak za detekciju nesavršenosti na predmetu analize.

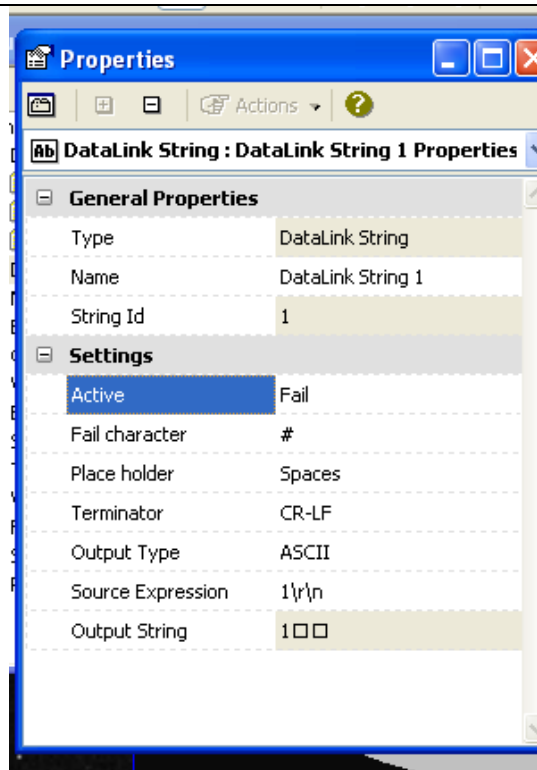
Da bi bilo moguće čitati podatke koji se šalju pomoću podatkovne veze, potrebno je uspostaviti ethernet konekciju pomoću TCP protokola na portu 3247.



Slika 6.22. Izgled editora za izradu komunikacijskog stringa

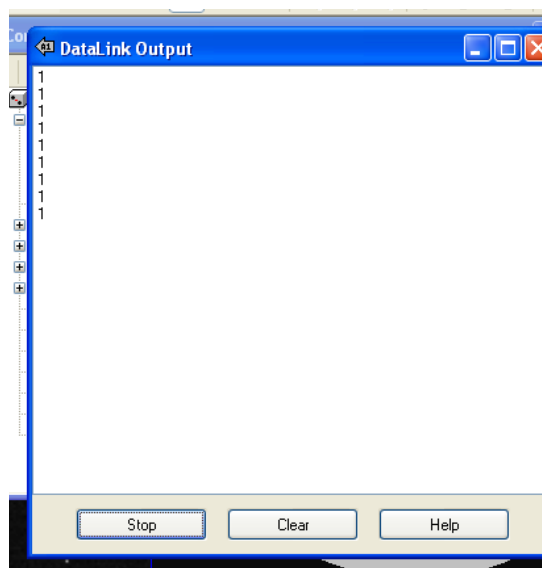
Podaci pomoću podatkovne veze mogu biti poslani u *XML* formatu. *XML* je postao standard za specifikaciju stvarnog značenja podataka. U ovom slučaju imena tagova i cjelokupni format podataka su dodatno kodirani. Dodatni meta – podaci omogućuju lakše parsiranje podataka koji se šalju preko podatkovne veze. Na primjer, ime i format (int, float, itd.) parametra se također prenose, kao i pripadajuće ime produkta. Da bi koristili ovaj novi format izlaznih podataka korisnik bi trebao odabrati "*XML Output*" za izlazne podatke na dijaloškom prozoru podatkovne veze (Slika 6.22.).

Vezano za ovaj rad, *DataLink* komunikacija je korištena da bi se eksternom manipulatoru poslala informacija da li je bočica koja se analizira ispravna ili ne. U slučaju da vanjski manipulator preko *DataLink* komunikacije dobije vrijednost „1“, analiziranu bočicu će biti potrebno maknuti s dostavne staze. U postavkama alata je navedeno da će poruka biti poslana eksternom uređaju u slučaju da vizijski alat vrati vrijednost *Fail* (bočica nije prepoznata) – (Slika 6.23).



Slika 6.23. *DataLink* string – aktivan ukoliko vizijski alat vrati vrijednost *Fail*

Sljedeća slika (Slika 6.24.) prikazuje sadržaj komunikacijskog prozora u slučaju da vizijski alat vraća vrijednost *Fail*.



Slika 6.24. Prikaz DataLink Output prozora

6.4. Integracija izradbenog procesa i procesa pakiranja

Današnja težnja za cjelokupnom automatizacijom proizvodnih procesa proširuje se prema procesima pakiranja kao jednom djelu proizvodnje. Nastoji se izvesti proces pakiranja gotovog proizvoda kao logički nastavak proizvodnje, koji ako je optimalno integriran unutar proizvodnoga procesa može značajno ubrzati plasman proizvoda na tržište te smanjiti ukupne troškove.

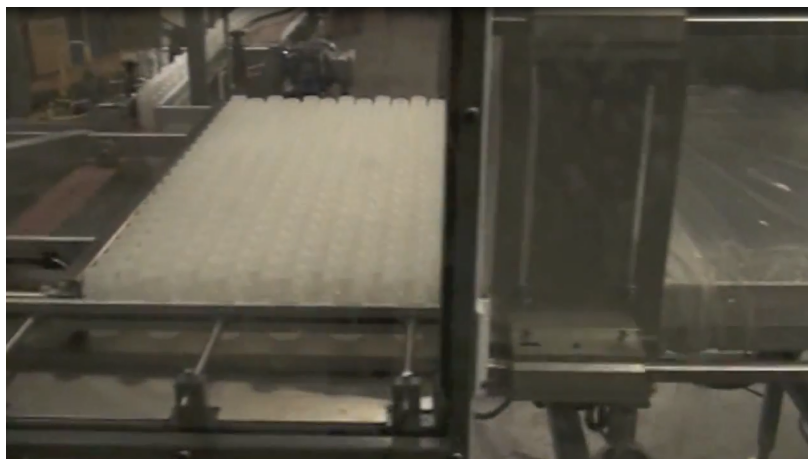
Proces pakiranja moguće je automatizirati upotrebom odgovarajućih uređaja, pod uvjetom da bočice dođu u stroj za pakiranje u orijentiranom stanju.

Moguće ga je izvesti kao:

- poluautomatski proces pakiranja i
- automatski proces pakiranja.

6.4.1. Poluautomatsko pakiranje

Bočice u orijentiranom stanju sa transportera dolaze na stol za pripremu pakiranja puneći red po red [10]. Kada je red pun, radnik pritiskom gumba koji se nalazi na kontrolnoj ploči zaustavlja punjenje stola i pokreće potisni mehanizam koji gura boce za jedan red. To se ponavlja sve dok se stol za punjenje ne napuni. Kada je stol pun, prekida se dobava bočica a potisni mehanizam gura bočice u vreću (Slika 6.25.).



Slika 6.25. Punjenje vreće bočicama

Punjenjem vreće, potisni mehanizam se vraća u početni položaj, počinje ponovo punjenje stola a mehanizam za zavarivanje vreće se spušta i zavaruje vreće (Slika 6.26.).



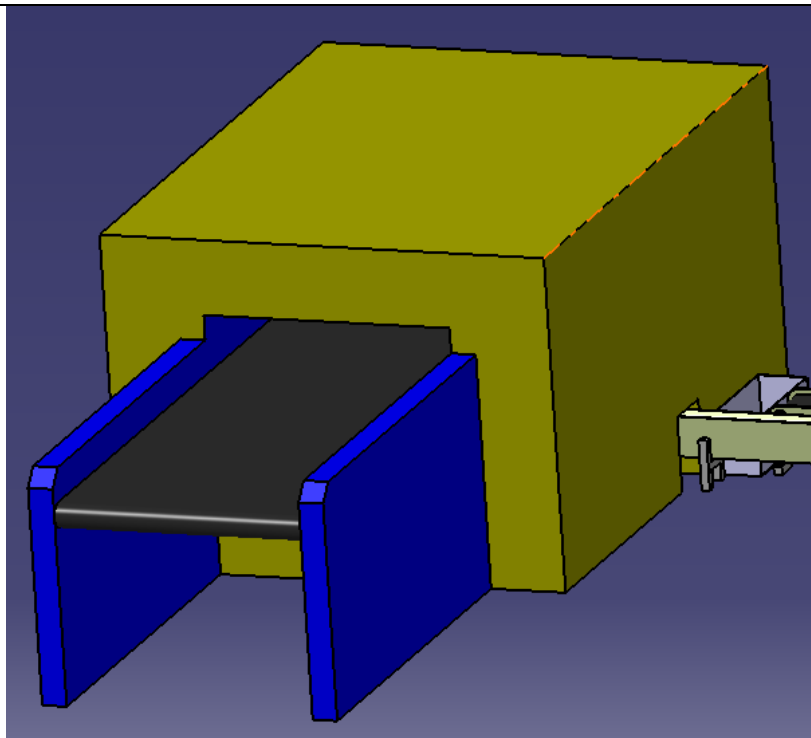
Slika 6.26. Zavarivanje vreće

Potom radnik skida punu vreću sa mehanizma za proširivanje vreće i odlaže vreću na za to predviđeno mjesto, paletu. Pomicanjem gornje plohe stola, radnik si oslobađa mjesto za nesmetanu montažu vreće na napravi za stavljanje vreće (Slika 6.27.).



Slika 6.27. Stavljanje vreće na napravu

Kada je vreća stavljena radnik može skopiti stol u početni položaj. Time je ciklus punjenje i pažnjenja vreće završen. Sljedeća (Slika 6.28) prikazuje smještaj sustava za punjenje plastične primarne ambalaže za pakiranje u sklopu proizvodnog sustava.



Slika 6.28. Paletizator

6.4.2. Automatsko pakiranje

Bočice u orijentiranom stanju sa transportera dolaze na dio stola gdje se vrši priprema pakiranja puneći red po red [11]. Kada je red pun, senzor šalje signal da se prekine dobava bočica dok ih mehanizam za potiskivanje ne potisne za jedan red. To se ponavlja sve dok se stol za pripremu ne napuni. Kada je stol za pripremu pun, prekida se dobava bočica a potisni mehanizam gura bočice u vreću. Vraćanjem potisnoga mehanizma na mjesto spušta se uređaj za varenje i zavaruje vreću (Slika 6.29.).



Slika 6.29. Zavarivanje vreće

Zavarenu vreću potisni mehanizam gura na dio stola gdje će je manipulator pokupiti. Potisni mehanizam se vraća u početnu poziciju i počinje punjenje dijela stola za pripremu pakiranja. Manipulator se spušta i ostvaruje vakumski prihvat ambalaže (Slika 6.30.).



Slika 6.30. Manipulator ostvaruje vakumski prihvat vreće

Manipulator ima mogućnost zakretanja za 180° . U trenutku kada manipulator dođe do zadane pozicije u prostoru, prekida se stvaranje vakuma u vakumskim hvataljkama i vreća pada na tlo (Slika 6.31.).



Slika 6.31. Manipulator ispušta vreću na pod

Na kraju stola nalaze se namotane vreće. Uređaj za postavljanje vreće na stol čeljustima zahvaća kraj vreće. Zatim uređaj za postavljanje vreće na stol ide u svoju krajnju poziciju istodobno odmotava novu vreću. Nova vreća se rasprostire iznad stola. U krajnjoj poziciji uređaj za pripremu vreće podiže čeljusti, time vreća biva otvorena i spremna za nove bočice.

7. ZAKLJUČAK

U diplomskom radu je napravljena analiza postojećeg proizvodnog sustava za proizvodnju ambalaže za pohranu praškastog materijala – bočica za cedevitu. Nakon identificiranih nedostataka koji su iskazani prvenstveno kroz uporabu ljudske radne snage koja se u današnje vrijeme u velikoserijskoj proizvodnji nastoji izbjeći iz ekonomskih i humanih razloga, ponuđeno je rješenje automatiziranog proizvodnog sustava koje uključuje stroj (ekstruder) za proizvodnju bočica, transportnu traku, mjesto za kontrolu ispravnosti bočica te sustav za smještaj proizvedenih bočica u primarnu ambalažu (vreće) koja se potom smješta na palete i ovija folijom.

Prilikom odabira komponenti ponuđenog rješenja vođeno je računa da one budu dostupne na tržištu te da ne budu preskupe (npr. umjesto rješenja koja uključuju uporabi skupljih industrijskih višeosnih robota, odabran je tek jedan dvoosni manipulator korišten za prebacivanje ispravne ambalaže na transportnu traku za pakiranje bočica). S gledišta prilagodljivosti, čini se da takav pristup vodi k skupljim i relativno neefikasnim rješenjima. Svjetska ekonomska kriza koja je posebno izražena u Europi favorizira prilagodljive proizvodne sustave koji su u mogućnosti odgovoriti na izazove turbulentnog i dinamičnog tržišta [12]. Ukoliko propadne tržište na koje neka tvrtka plasira svoj proizvod, ako posjeduje proizvodni sustav koji je prilagodljiv i efikasan ta tvrtka će lakše opstati ponudivši varijacije ili alternative proizvoda koji se trenutno traži. Navedena problematika je identificirana kod velikog broja svjetskih industrijskih postrojenja. Kako napraviti da sustav bude prilagodljiv, da zauzima relativno malo mjesta te da je jeftin i pouzdan zahtjevi su tržišta koji su se pojavili prije više godina. Višeosni industrijski roboti se mogu relativno jednostavno reprogramirati u ovisnosti o količini i vrsti posla. Također, roboti mogu koristiti različite alate koje mogu relativno brzo mijenjati u ovisnosti o trenutnoj primijeni. Kako taj korak trenutno iziskuje veća financijska ulaganja (financijske udare), uprava tvrtke Tehnopro d.o.o., za koju je idejno rješenje razvijano, odlučila je da će uvođenje industrijskih robota u pogone teći postupno u sklopu sljedećeg koraka. To bi trebalo povećati konkurentnost tvrtke na globalnom tržištu u cjelini.

Očekuje se da bi uvođenjem predloženog idejnog rješenja bila tek djelomično smanjena fleksibilnost sustava budući da je ostavljena mogućnost za uvođenjem višeosnog industrijskog robota u budućnosti. Taj bi robot mogao biti korišten za prebacivanje bočica s jedne na drugu

transportnu traku te prilikom paletizacije primarne ambalaže za slaganje plastične ambalaže na palete. Takav bi robot trebao imati okretnu glavu s dva alata od kojih bi jedan bio obična hvataljka za hvatanje bočica, a drugi bi sadržavao vakuumske hvataljke za slaganje bočica koje su smještene unutar plastičnih vrećica.

Glavne prednosti predloženog rješenja moguće je pronaći u automatizaciji pogona (smanjenje ljudske radne snage), pripremi pogona za uvođenje novih tehnologija (industrijskih robota), povećanju proizvodnosti (povećanju veličina serija) te u smanjenju neispravno napravljene ambalaže (škart – bočice koje sadrže tzv. šeširić predstavljaju neispravnu ambalažu).

Daljni razvoj predloženog rješenja kretat će se k njegovoj implementaciji u sklopu stvarne industrijske okoline unutar proizvodnih pogona tvrtke Tehnopro d.o.o. Iako je vođeno računa da odabrane komponente budu jeftine i dostupne, očekivana su manja odstupanja prilikom implementacije. Razlozi za odstupanja mogu biti ekonomske i praktične prirode budući da konačan odabir komponenti diktira trenutno stanje na tržištu te stanje unutar pogona gdje je proizvodnja smještena. Nakon implementacije te validacije i verifikacije predloženog rješenja proizvodnog sustava razmotrit će se uporaba razvijene metodologije i u sklopu ostalih proizvodnih sustava tvrtke Tehnopro d.o.o. koji su opisani u drugom poglavlju ovog rada.

8. LITERATURA

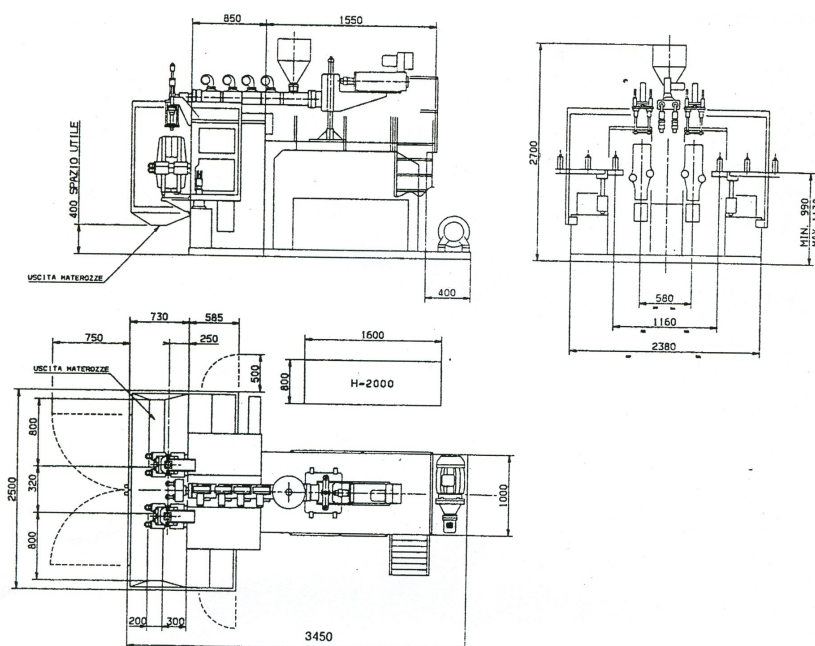
- [1] The Polyethylene Terephthalatepet Plastic Bottles Manufacturing Process, http://www.slideshare.net/aminezazi5/the-polyethylene-terephthalatepet-plastic-bottles-manufacturing-process?from_search=1 (20. lipnja 2013.).
- [2] Čatić, I. Proizvodnja polimernih tvorevina, Društvo za plastiku i gumu. Biblioteka Polimerstvo. Serija zelena ; knj. 6, 2006.
- [3] Kunica, Z. Materijali s predavanja iz kolegija Automatizacija pakiranja, 2013.
- [4] CapePack, Retail user guide. Dostupno online: <http://www.capesystems.com/downloads/kmk/v211/cp211trainingguide.pdf> (lipanj, 2013.).
- [5] Jerbić, B., Nikolić, G., Vranješ, B., Kunica, Z.: Projektiranje automatskih montažnih sustava. Kigen, Zagreb, 2009. Jerbić, B., Nikolić, G., Vranješ, B., Kunica, Z.: Projektiranje automatskih montažnih sustava. Kigen, Zagreb, 2009.
- [6] CATIA Dokumentation: http://catiadoc.free.fr/online/CATIA_P3_default.htm, Pristupljeno 2013-06-15
- [7] Asfahl, C., R.: Robots and Manufacturing automation. John Wiley & Sons, New York, 1992.
- [8] Stipančić, T. Rukovanje predmetima rada u neuređenoj okolini primjenom vizijskog sustava. Diplomski rad, FSB, Zagreb, 2006.
- [9] Cognex | Machine Vision and Barcode Readers. Dostupno online: <http://www.cognex.com> (lipanj, 2013.).
- [10] Semi Automatic Bagger, AIS Container Handling Systems, <http://www.aiscontainerhandling.com/container-handling-equipment/bottle-baggers/semi-automatic-bagger> (29. lipnja 2013.).
- [11] Automatic Bagger, AIS Container Handling Systems, <http://www.aiscontainerhandling.com/media/products/bottle-baggers/automatic-bagger> (29. lipnja 2013.).
- [12] Thornton, G. (2008): Manufacturing: adapting in difficult times. International Business Report. Dostupno online: http://www.internationalbusinessreport.com/files/ibr2008_manufacturing_lo.pdf, Pristupljeno: 2013-06-15.

PRILOZI

- I. CD-R disk
- II. Tehnička dokumentacija

PRILOZI – TEHNIČKA DOKUMENTACIJA

Stroj za izradu ambalaže za praškasti proizvod MAGIC MG – L1/D.



TECHNICAL AND ELECTRICAL DATA OF MG-L1/D

BLOW MOULDING MACHINE		
Max. capacity of the container	cm ³	1000
Clamping force	KN	47
Dry cycle	sec	1.4
Operating hydraulic pressure	bar	160
Blowpin pressure	bar	0 ÷ 70
Electrical motor power	KW	15
Opening stroke	mm	140
Max mould dimensions (L x W x H)	mm	270/2x85/300

EXTRUDER		ø 60	ø 70
Screw length	L/D	22	22
Electrical motor power	KW	22	29
Thermoregulated heating zones	n°	5	5
Heating power	KW	8.2	10.6
PE extrusion capacity	Kg/h	65	85
P.V.C. extrusion capacity	Kg/h	42	70

EXTRUSION SINGLE HEAD		
Max die diameter	mm	70
Heating power	KW	1.7
Heating zones	n°	3

EXTRUSION DOUBLE HEAD		
Center distance	mm	100
Max die diameter	mm	40
Heating power	KW	3
Heating zones	n°	7

POWER-PACK		
Tank oil content	l	270

AIR AND WATER CONSUMPTION		
Blow air pressure	bar	6 ÷ 8
Air consumption	NI/min	1000
Cooling water pressure	bar	2 ÷ 3
Water consumption	Kcal/h	23000

INSTALLED ELECTRICAL POWER			
Total installed power	KW	49	58
Average consumption	KW	32	38

MACHINE DIMENSIONS			
Width	mm	2500	
Length	mm	3450	
Height	mm	2700	
Complete machine weight	Kg	6000	6200

The above data are approximative and not binding if not expressly reported on the contract